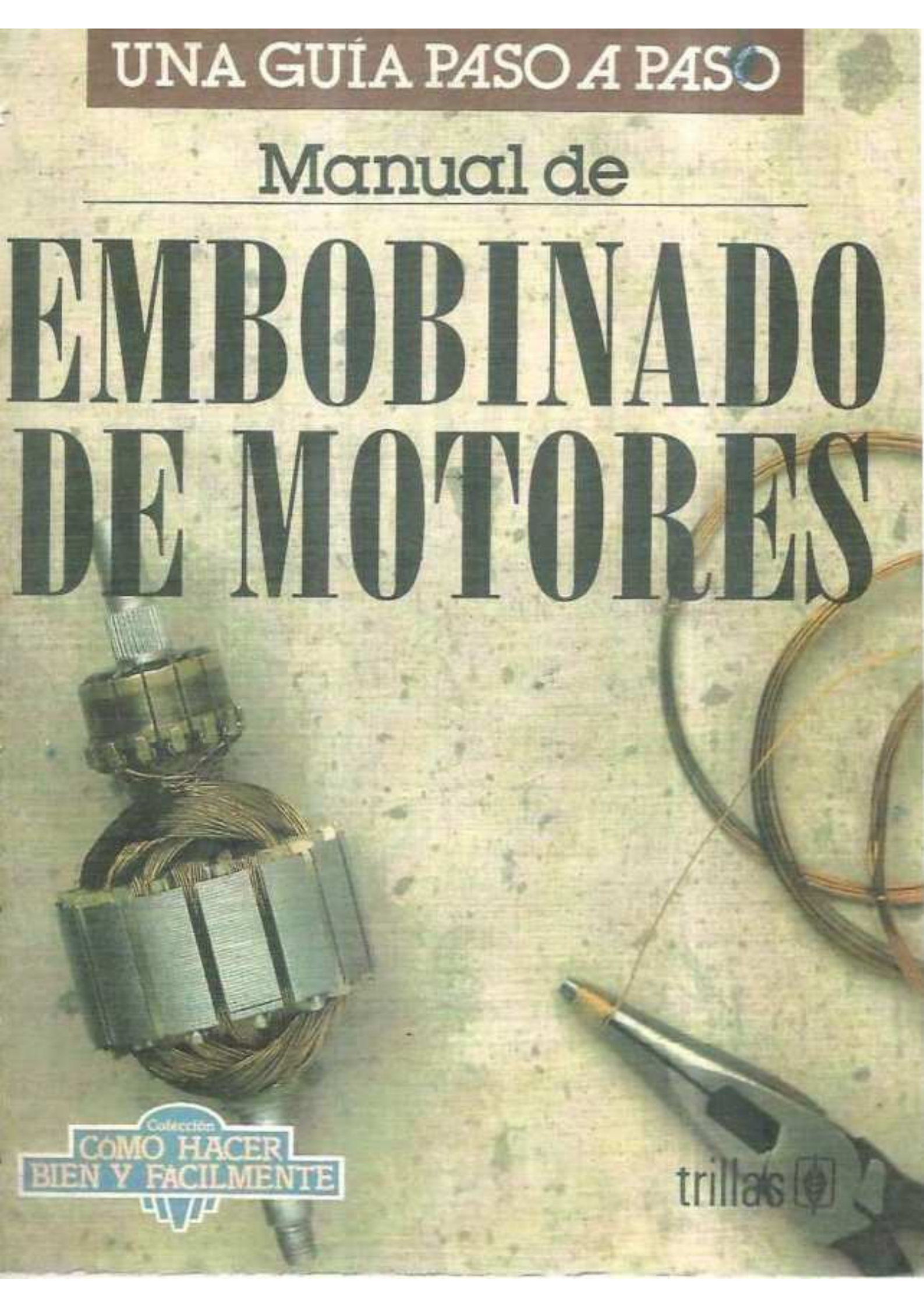
UNA GUÍA PASO A PASO

Manual de EMBOBINADO DE MOTORES



Colección CÓMO HACER BIEN Y FÁCILMENTE

trillas

UNA GUÍA PASO A PASO

Manual de

EMBOBINADO DE MOTORES

Coordinación:
Luis Lesur

EDITORIAL TRILLAS

México, Argentina, España
Colombia, Puerto Rico, Venezuela

Catalogación en la fuente

Lesur, Luis
Manual de embobinado de motores : una guía paso a paso. – México : Trillas, 1998 (reimp. 2000).
144 p. : il. col. ; 27 cm. – (Cómo hacer bien y fácilmente)
ISBN 968-24-0486-X

1. Motores - Manuales, etc. I. t. II. Ser.

D- 629.250202'L173m LC- TJ755'L4.5 3067

La presentación y disposición en conjunto de
MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES. Una guía paso a paso
son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra
puede ser reproducida o trasmitida, mediante ningún sistema
o método electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado,
la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento
de información), sin consentimiento por escrito del editor

Derechos reservados
© 1998, Editorial Trillas, S. A. de C. V.,
División Administrativa, Av. Río Churubusco 585,
Col. Pedro María Anaya, C. P. 03340, México, D. F.
Tel. 56884233, FAX 56041364

División Comercial, Calz. de la Viga 1132, C. P. 09439
México, D. F. Tel. 56330995, FAX 56330870

Miembro de la Cámara Nacional de la
Industria Editorial. Reg. núm. 158

Primera edición, 1998 (ISBN 968-24-0486-X)

Primera reimpresión, agosto 2000

Impreso en México
Printed in Mexico

Esta obra se terminó de imprimir
el 14 de agosto del 2000,
en los talleres de Arte y Ediciones Terra, S. A. de C. V.
Se encuadernó en Acabados Editoriales Anfre'd.
BM2 100 IW

En la elaboración de este manual participaron:

Luis Lesur, en la dirección, coordinación y textos.

Carlos Marín, en producción, fotografía y diseño gráfico.

Graciela Hernández Ávila, en producción.

Pascual Yáñez, en asesoría y producción.

María de Jesús García, en producción.

Contenido

Introducción 6

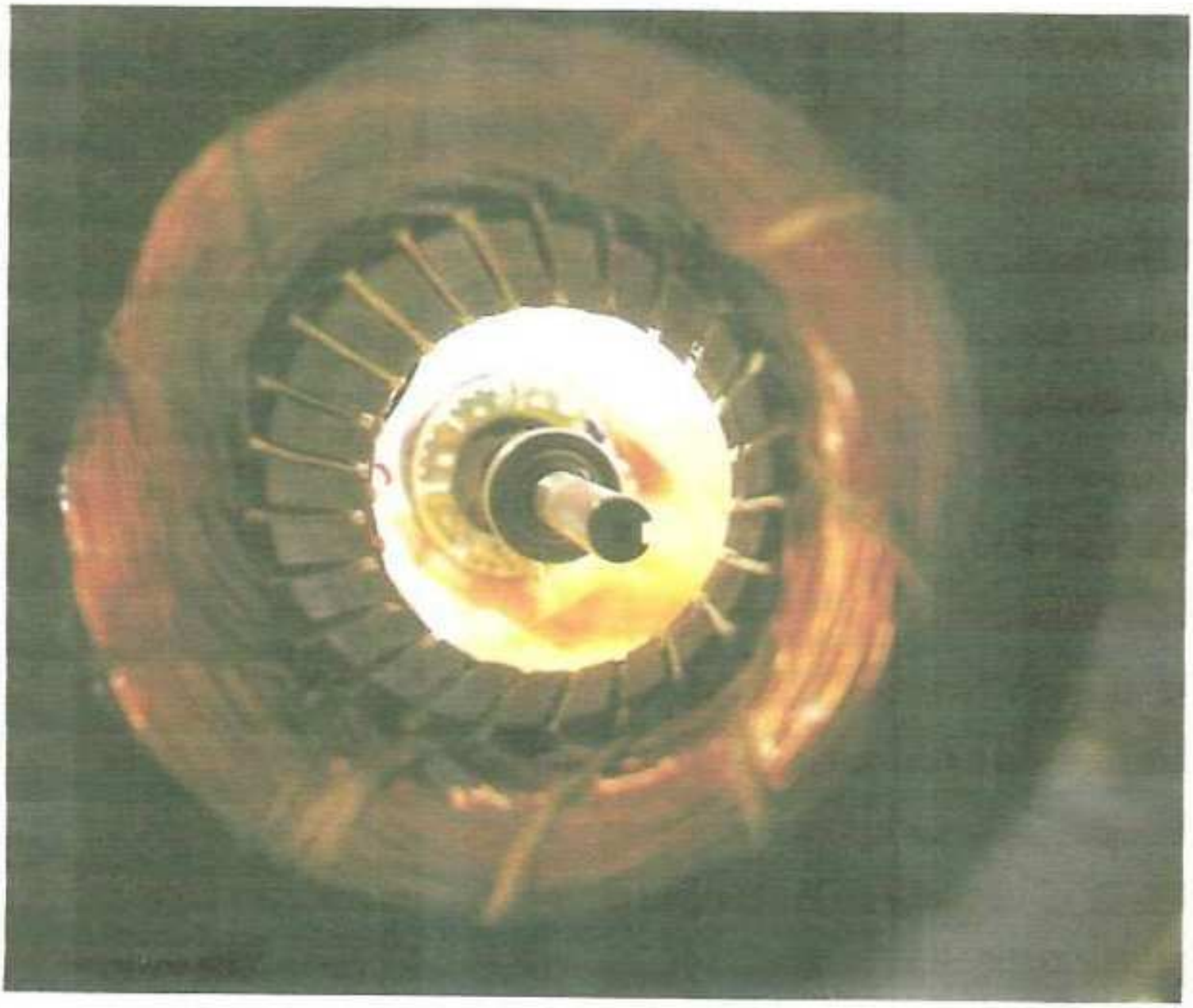
Principios básicos 12
Imanes 14
Electroimanes 15
Motores 16
Tipos de motor 20

Herramientas 26
Herramientas comunes 28
Herramientas propias del oficio 29
Alambre magneto 32
Aislantes 33
Terminales para conductores 33

Motores de condensador 34
Caracteristicas 36
Localización de averías 40
Revisión del condensador 41
Revisión del interruptor centrífugo 42
Rebobinado 47
Toma de datos y desarmado 47
Sacado de las bobinas viejas 57
Aislamiento de las ranuras 60
Embobinado a mano 62
Embobinado con molde 74
Embobinado en madejas 80
Conexión de las bobinas 81
Verificación eléctrica 88
Secado e impregnación 90
Armado del motor 91
Detección de fallas 92

Motores trifásicos 96
Conexiones fundamentales 98
Rebobinado 102

Motores universales 110
Características 112
Rebobinado del estator 114
Conexiones 117
Fallas del inducido 117
Escobillas 118
Colector 119
Bobinas 121
Limpieza del colector 129
Aislamiento del núcleo 131
Hechura de las bobinas 132
Conexión a las delgas 139
Soldado 142
Zunchado 142
Verificación eléctrica 143
Balance del rotor 144
Impregnación 144



Este manual es una iniciación al oficio de reembobinado o rebobinado de motores. Trata principalmente de las técnicas para cambiar un embobinado dañado por uno nuevo, exactamente igual al original del motor, lo que garantiza el eficaz funcionamiento de un motor que se ha dañado.

INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo veremos los principios generales por los cuales gira un motor y las principales clases de motores que hay.

El segundo capítulo describe las herramientas y materiales que usa el bobinador.

El tercer capítulo se refiere al reembobinado de los motores de condensador, que son los más comunes. Comienza con una descripción de la manera de revisar el condensador y el interruptor centrífugo.

Enseguida, se muestra cómo se toman los datos del bobinado original y la forma como se quita el alambre dañado.

INTRODUCCIÓN

Continúa con una explicación de la limpieza del motor que se va a reparar.

Sigue con la colocación de los aislantes sobre los cuales se va a recibir el alambre magneto de las nuevas bobinas.

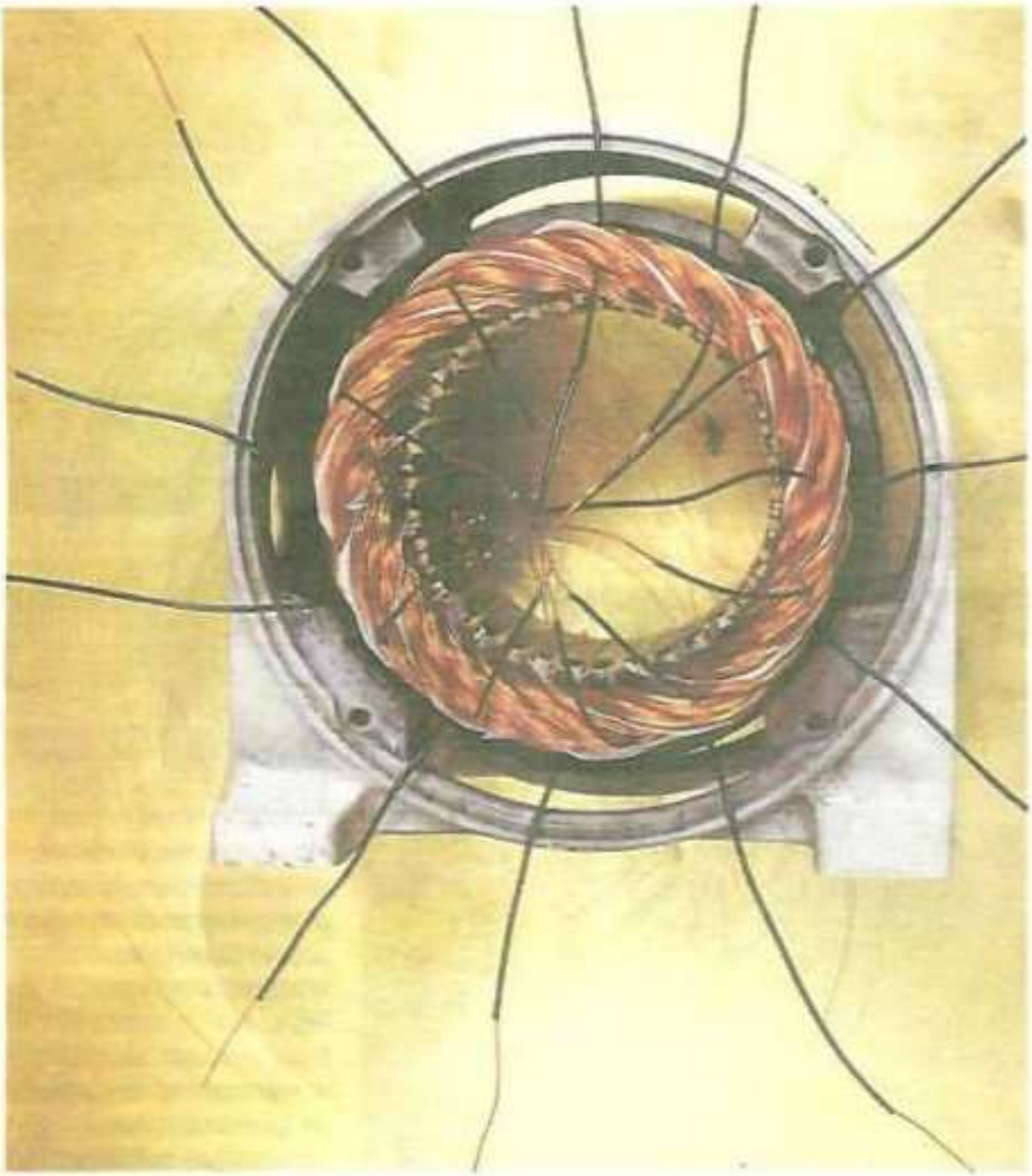
Después, se muestran las diversas maneras de devanar las nuevas bobinas.

Se prosigue con la forma de colocar las bobinas dentro de las ranuras del estator.

La colocación de las bobinas culmina con su conexión entre sí, con los cables de corriente, con el condensador, con el interruptor centrífugo y con el interruptor térmico, si es que lo lleva.
Este proceso se muestra al terminar la descripción de la manera como se colocan las bobinas.

Como los motores eléctricos están sujetos a una vibración constante, una parte importante de su vida depende de que todos los conductores eléctricos formen una masa compacta. Para ello, se amarran las cabezas y sus conexiones y luego se impregnan con barniz, lo cual se describe antes de terminar el capítulo de motores de condensador.

El tercer capítulo termina con las pruebas con que se verifica la hechura correcta del embobinado.



El cuarto capítulo está dedicado a los motores trifásicos.

En él se describen las modalidades que tiene el rebobinado de los motores trifásicos.

También se indica la manera peculiar como se hacen las conexiones de las bobinas.

INTRODUCCIÓN

El quinto capítulo trata sobre los motores universales, que comúnmente se emplean en las herramientas eléctricas y en algunos aparatos domésticos. Aquí el énfasis está puesto en la reparación y reembobinado del rotor.

Asimismo, se describe la manera como se toman los datos del bobinado original y la forma en que se quitan las bobinas dañadas.

Enseguida, se muestra cómo se preparan los aislamientos.

Se continúa con la descripción de la forma en que se embobina.

Y se finaliza con la manera en que se sueldan algunas terminales y se fijan con un zunchado de cordel y alambre.

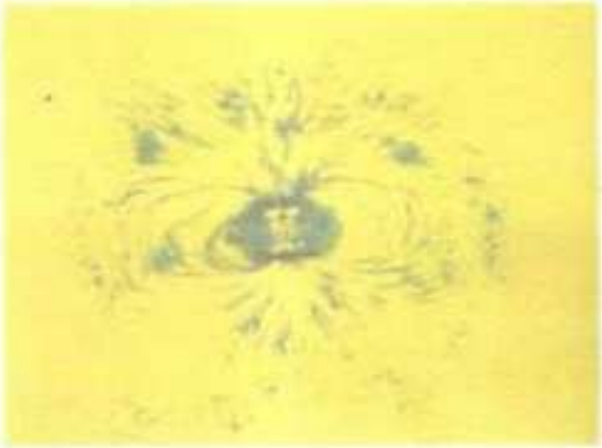
Los motores eléctricos giran su eje por la fuerza de atracción y repulsión de los imanes con que están construidos. Antes de describir la forma de reparar un motor que falla, examinaremos de manera superficial los principios magnéticos en los que se basa su funcionamiento.

PRINCIPIOS BÁSICOS

Imanes 14
Electroimanes 15
Motores 16
Tipos de motor 20

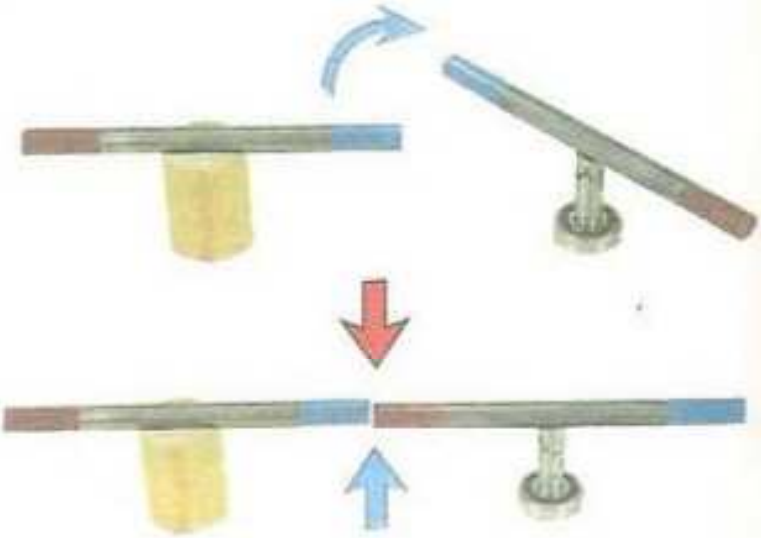
MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Los imanes permanentes, ya sea en forma de herradura o de barra, con los que se recogen limaduras o pequeños objetos de metal, atraen los objetos metálicos debido a una fuerza conocida como *magnetismo* o atracción magnética.



Estos imanes tienen polos. El polo positivo, también llamado sur, y el polo negativo, conocido igualmente como norte. Entre ambos corren unas líneas de fuerza magnética invisibles, mismas que se notan al recoger limaduras de hierro sobre un papel y pasar un imán por debajo.

La aguja de una brújula es un imán permanente que gira libremente. Una de sus puntas, llamada norte, es atraída hacia el polo magnético de la Tierra.



En los imanes, los polos iguales se repelen o rechazan uno al otro. Así, los polos norte de dos imanes se repelen, al igual que los polos sur.

En cambio, los polos distintos se atraen uno al otro.

El imán de la izquierda no se puede mover, mientras que el de la derecha, igual que en una brújula, gira libremente. Cuando el polo norte del imán libre se aleja del polo norte del imán fijo, el polo sur del imán libre se mueve hacia el polo norte del imán fijo.

PRINCIPIOS BÁSICOS

IMANES

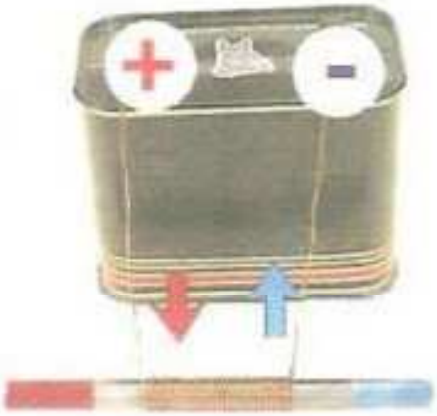
Debido a que los polos distintos se atraen, el imán libre sigue girando hasta que los polos distintos se juntan y quedan quietos.

ELECTROIMANES

Los electroimanes, o imanes que se activan con electricidad, son parecidos a los imanes permanentes, aunque mucho más fuertes. Por eso son los que se usan en los motores.

Para hacer un electroimán se toma una varilla de hierro cualquiera y se envuelve con una espiral de alambre de cobre aislado, llamada *bobina*.

Cuando los dos extremos del alambre se conectan a una batería eléctrica, la corriente corre a través de la bobina. Entonces, el corazón de hierro se imana. Al igual que los imanes permanentes, tiene un polo positivo y otro negativo.

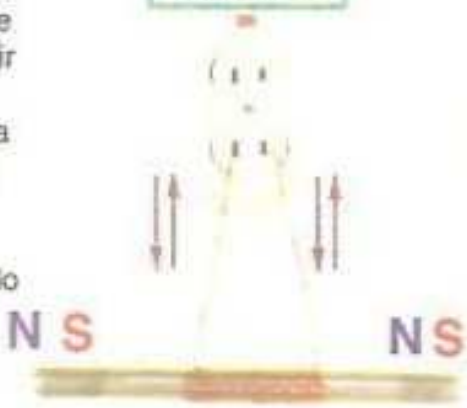


CORRIENTE DIRECTA

Las baterías producen una corriente que solamente viaja en una dirección y que se conoce como corriente directa.

Los polos del electroimán se pueden invertir al cambiar la dirección de la corriente que viene de la batería, intercambiando los cables.

CORRIENTE ALTERNA



En cambio, la corriente alterna, como la que hay en las casas, cambia de dirección constantemente, sesenta veces en un segundo. Asimismo, cambian constantemente los polos de un electroimán que trabaja con corriente alterna.

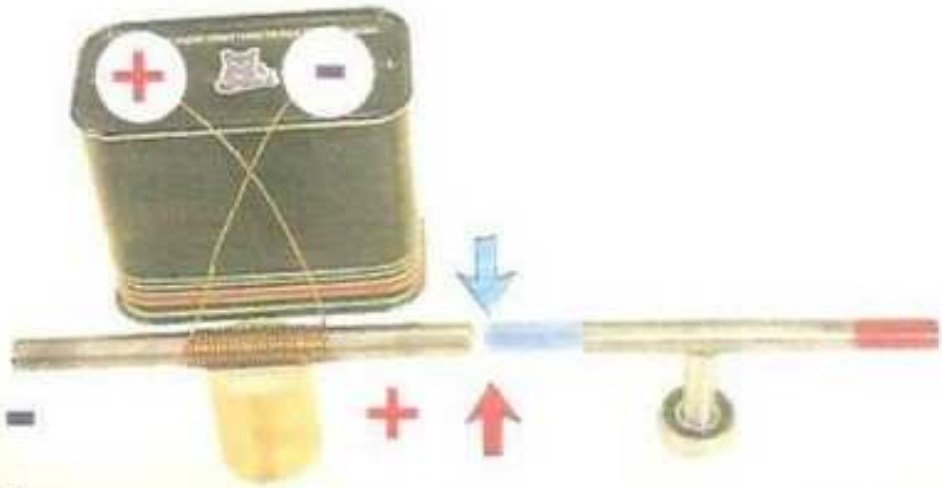
MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Para que un motor eléctrico trabaje se aplican los principios de los electroimanes; los polos iguales se repelen y los polos diferentes se atraen.

Cuando un electroimán se coloca cerca de un imán permanente que gira libremente, los polos iguales se rechazan, igual que en los imanes permanentes.

Y los polos contrarios se atraen uno al otro.

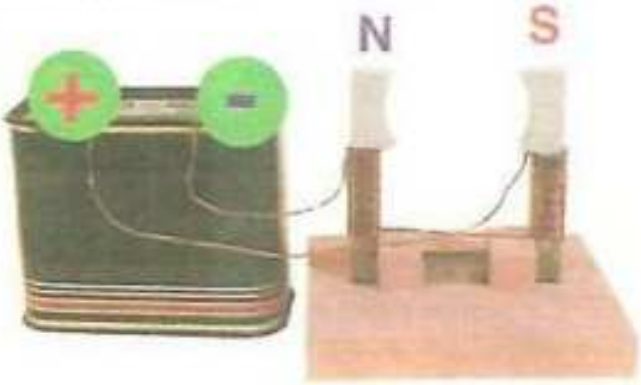
Cuando los cables que salen de la batería se intercambian, se cambia también la dirección en que corre la corriente y se invierten los polos del electroimán, de modo que los polos iguales vuelven a quedar juntos de nuevo y el imán libre es rechazado o empujado, con lo que continúa dando vuelta.



Así da otra media vuelta y los polos contrarios vuelven a quedar juntos, porque se atraen uno al otro.

PRINCIPIOS BÁSICOS

Para hacer un motor eléctrico simple, construya un electroimán con la forma de una herradura y conéctelo a una batería.

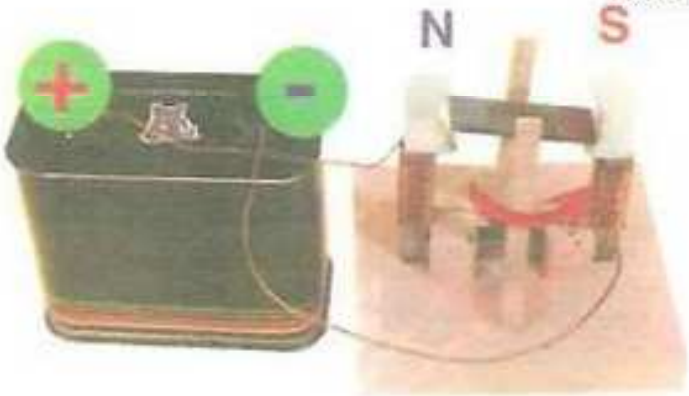


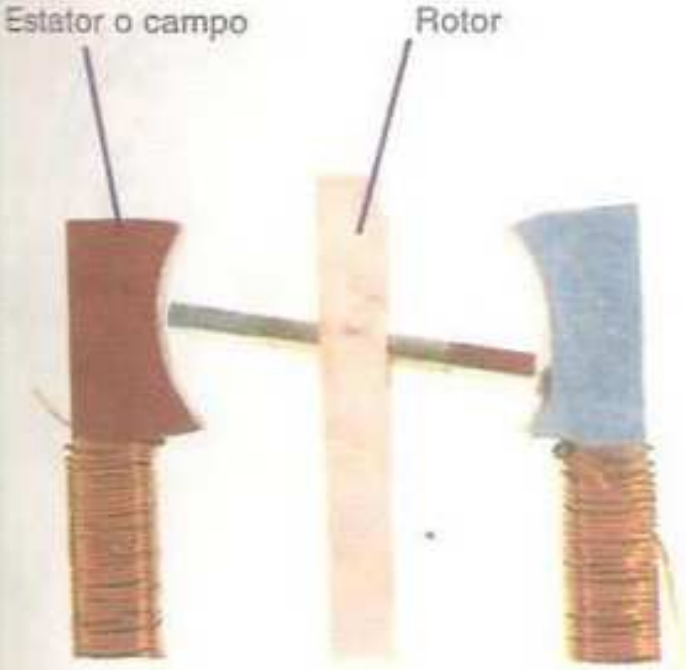
Monte un imán permanente que gire libremente entre las puntas del electroimán en forma de herradura.

Como es mucho más fácil para las fuerzas magnéticas viajar por el metal que por el aire, es mejor equipar el electroimán con unas zapatas curvas que se acerquen más al electroimán que gira libremente.

Si los polos iguales se colocan uno cerca del otro, el imán libre girará media vuelta...

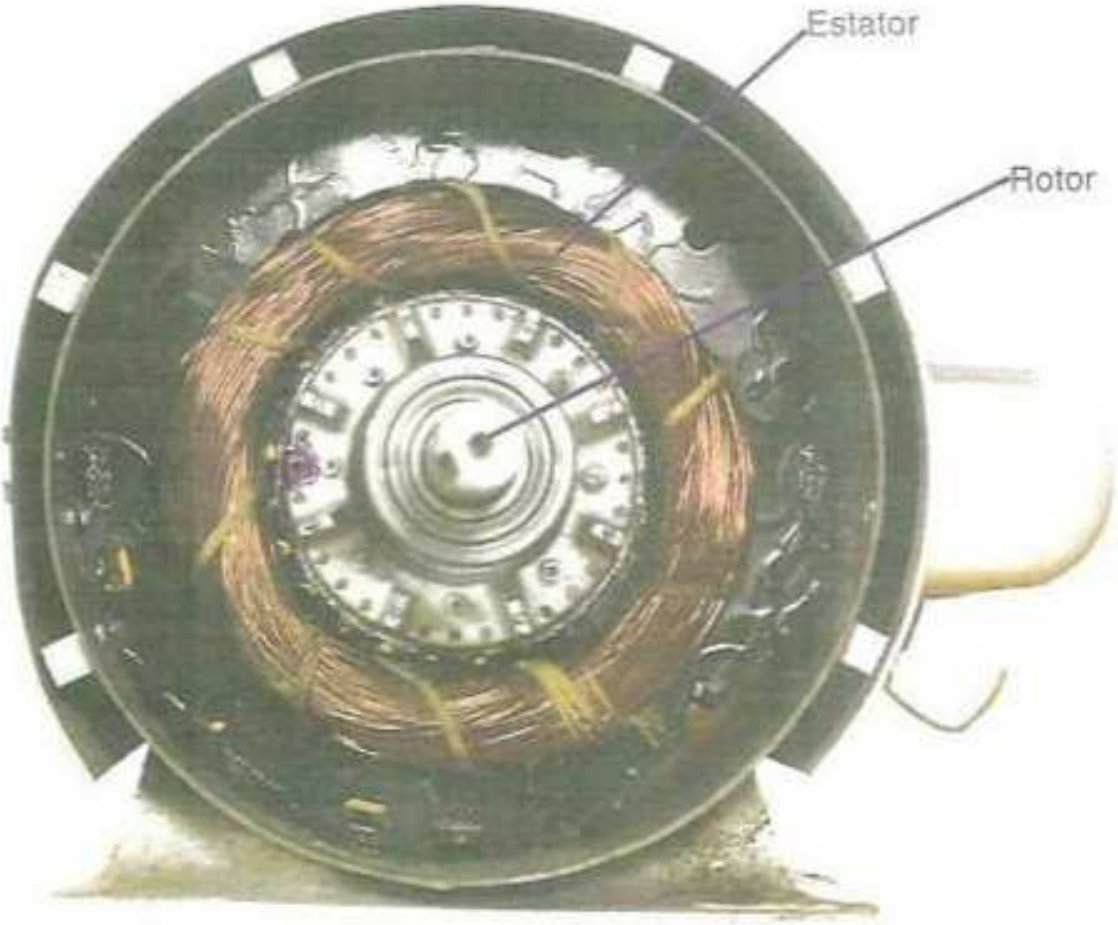
...hasta que los polos contrarios queden juntos.



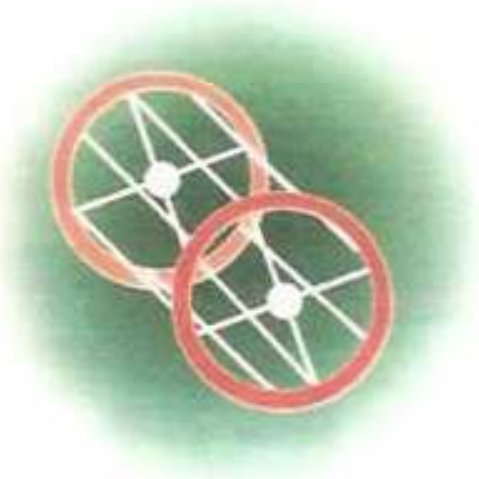


Al invertir la dirección en que circula la corriente, los polos del electroimán cambian, haciendo que el imán gire otra media vuelta.

En un motor eléctrico los imanes fijos se conocen como *estator* o *campo* y el imán que gira se conoce como *rotor*.



Los motores de corriente alterna dependen del cambio constante en la dirección de la corriente, que corre primero en una dirección y luego en la opuesta, sesenta veces cada segundo, invirtiendo la polaridad del estator.



La mayor parte de los motores que trabajan con corriente alterna utilizan un rotor especial que se parece a una jaula con la que hacen ejercicio las ardillas en cautiverio. Por eso se llama rotor de *jaula de ardilla*.

Los motores eléctricos tienen una armazón redonda en cuyo interior se alojan el estator y el rotor.

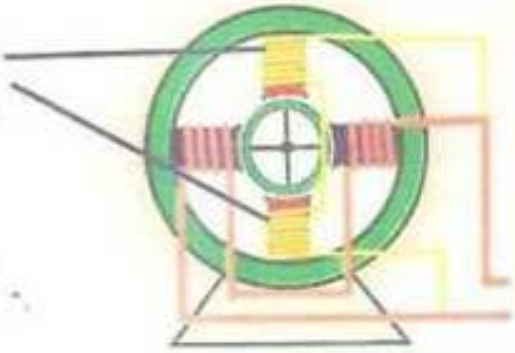
El rotor consiste en unos anillos circulares, unidos por barras de metal opuestas una a la otra.

Un vistazo cercano a un estator de dos polos con un rotor de una barra permite comprender todo más fácilmente. La corriente alterna que corre por el estator hace que los polos cambien de polaridad rápidamente. Si al rotor se le da una vuelta, las barras cortan las líneas de fuerza magnética del estator, haciendo que la corriente fluya, pase o se induzca a la barra del rotor.

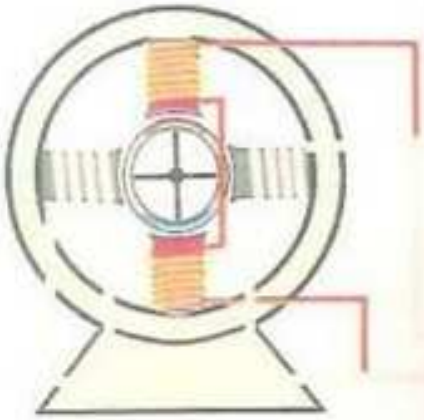
El flujo de corriente produce líneas de fuerza magnéticas que se posan alrededor de las barras del rotor, en un movimiento circular. Como resultado, las barras del rotor se mueven hacia el área de menor resistencia, con el campo más débil girando constantemente.

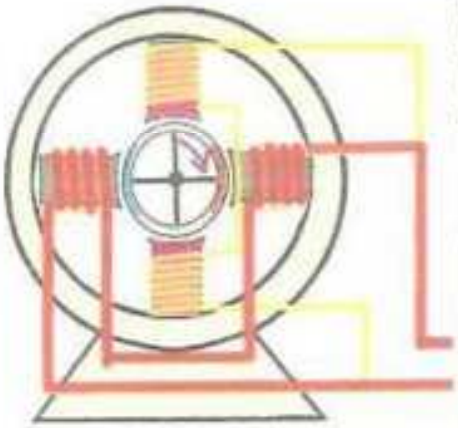
Los motores equipados con rotores de jaula de ardilla se conocen como motores *de inducción*. Solamente el estator tiene conexiones eléctricas exteriores. El rotor no tiene conexiones eléctricas, puesto que la corriente del rotor es inducida.

Los motores llamados de fase partida están construidos con sencillez y son relativamente baratos, por lo que se usan ampliamente para cargas pequeñas de hasta un tercio de caballo de fuerza, en las lavadoras, licuadoras y ventiladores pequeños.



Para poder arrancar, los motores de fase dividida tienen una serie de bobinas especiales, llamadas *bobinas de arranque* o *polos de arranque.*





Las bobinas de arranque están hechas con un alambre de menor diámetro que las bobinas de trabajo.

Debido a que estos alambres son más pequeños, en el momento en que se conecta la corriente sus polos son los que primero se imanan o magnetizan.

Inmediatamente después se imanan los polos de las bobinas de trabajo, con más fuerza, mientras que los de arranque se desvanecen. Como resultado, el campo magnético cambia a una nueva posición, iniciando así un campo magnético rotatorio.

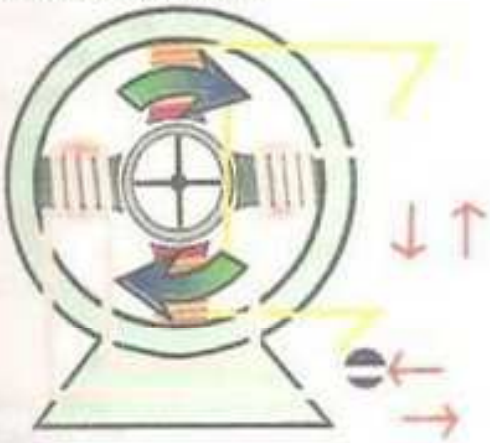
La corriente es inducida al rotor, haciendo que el rotor gire un cuarto de vuelta.

Justamente cuando el rotor se mueve a una nueva posición, la corriente alterna cambia de dirección y la polaridad de los polos de arranque se invierte, haciendo que el rotor gire otro cuarto de vuelta.

Este proceso se repite y el rotor da una vuelta completa.

Este intento constante del rotor de mantenerse con el campo magnético hace que continúe girando a una velocidad que se aproxima a la del campo.

Conforme la velocidad aumenta, la corriente inducida al rotor produce una acción continua, de modo que los polos de arranque ya no son necesarios. Entonces, la corriente que va a la bobina de arranque se corta por un interruptor centrífugo.



Un motor de fase partida de dos polos trabaja a 3500 revoluciones por minuto, pero uno con cuatro polos gira a razón de 1750 r.p.m.

El interruptor centrífugo va adentro del armazón. Este apagador se cierra automáticamente cuando el motor está quieto o trabaja a baja velocidad, pero se abre a velocidades altas.

MOTORES DE CONDENSADOR

Los motores con condensador para el arranque son quizá los más comúnmente usados en las casas y en las industrias. Se usan cuando se necesita arrancar con cargas ligeramente más pesadas y se consiguen en capacidades que van desde un tercio de caballo hasta 25 caballos de fuerza. El condensador puede localizarse en la parte de arriba del motor o en un lado.

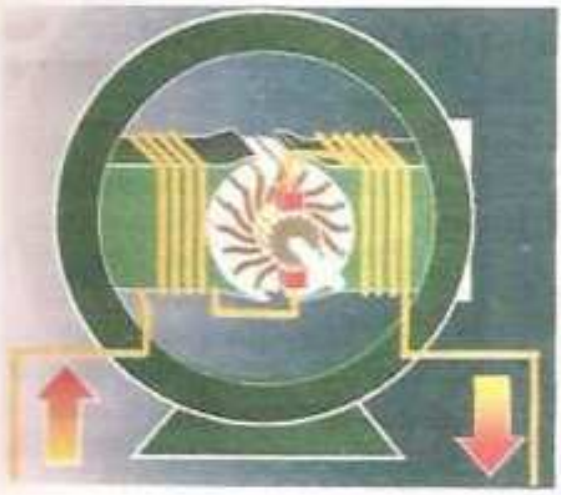
El condensador trabaja solamente con los polos de arranque, haciendo más fuerte todavía el campo magnético de éstos. Tanto las bobinas de arranque como el condensador están controlados por el interruptor centrífugo, que los corta cuando el motor alcanza su velocidad de trabajo.

MOTORES UNIVERSALES

Los motores llamados universales se usan para equipos pequeños como aspiradoras, procesadores de alimentos, taladros y sierras portátiles, y máquinas de coser. Rara vez exceden de un cuarto de caballo. Sus velocidades no son constantes, sino que varían con la carga. Con carga pesada la velocidad puede ser de unas pocas vueltas por minuto.

En estos motores la corriente sí pasa por el rotor. Fluye a través de un circuito completo que consiste tanto en las bobinas del estator como en las bobinas del rotor.

MOTORES UNIVERSALES



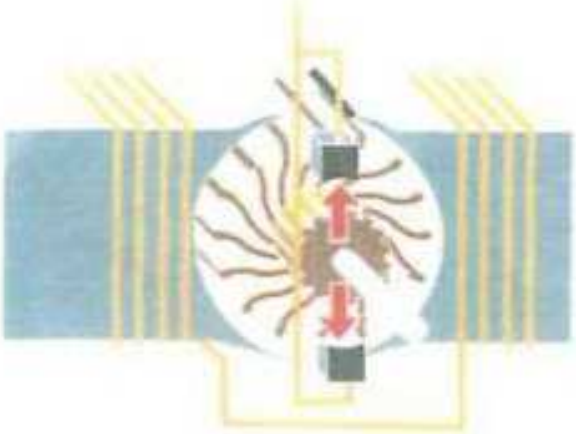
La corriente del estator llega al rotor a través de unos carbones que asientan sobre un conmutador, que a su vez lleva la corriente a las bobinas del rotor, para salir de nuevo por el conmutador, hacia otras bobinas del estator.

La corriente del rotor es dirigida por los carbones de tal manera que interactúa con el campo magnético del estator para hacer que el motor gire. Cuando la dirección de la corriente cambia en el estator también cambia en el rotor, de modo que el motor sigue girando continuamente.

MOTORES DE REPULSIÓN

Los motores de repulsión están hechos para cargas muy pesadas con las que es más difícil arrancar. Son más caros que los demás y se producen pocos.

Son similares a los motores universales, pues ambos tienen un rotor embobinado, un conmutador y carbones. La diferencia es el tamaño y que los carbones están conectados de manera distinta. Los motores universales tienen el estator y el rotor unidos en serie, mientras que los motores de repulsión tienen los circuitos separados y los carbones conectados juntos.

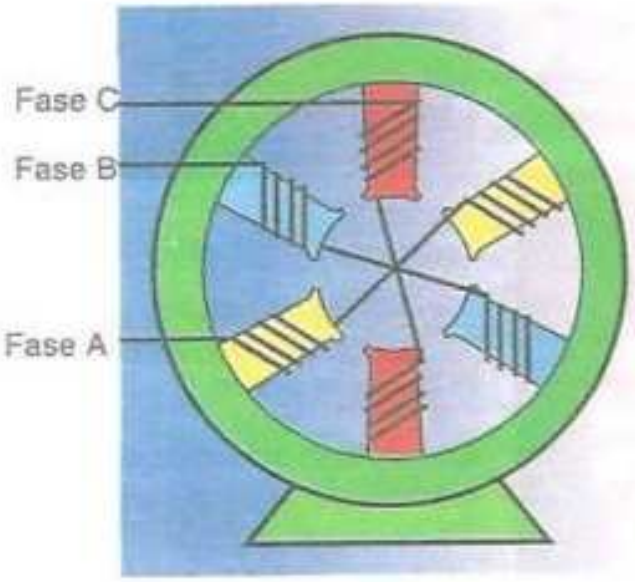


Una tercera diferencia es que los carbones se utilizan sólo para arrancar. Como las bobinas del rotor no están conectadas a las bobinas del estator, la corriente que fluye en las bobinas del rotor es inducida.

Cuando el motor de repulsión se acerca a su velocidad normal, el interruptor centrífugo levanta los carbones. Entonces, el motor funciona como si se tratara de uno con jaula de ardilla.

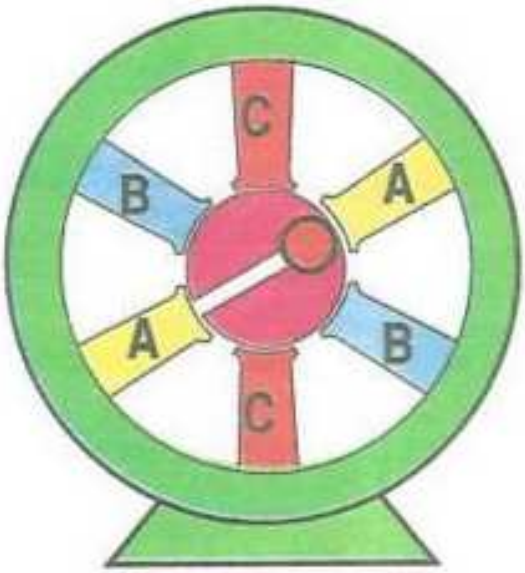
Los motores trifásicos arrancan por sí mismos. No tienen bobinas de arranque ni condensadores ni apagadores centrífugos u otros accesorios de arranque. Pueden arrancar cargas pesadas y son relativamente baratos. La corriente que usan es trifásica o de tres fases, o hilos de 120 volts, que generalmente se llaman A, B y C.

En un motor de tres fases, cada una sirve a su propio conjunto de polos. Así, la fase A lleva la corriente a los polos A y A1. La fase B lleva corriente a los polos B y B1, mientas que la fase C alimenta a los polos C y C1.



Cada conjunto de bobinas va espaciada a la misma distancia una de otra alrededor del motor. En cambio, la corriente que corre en cada fase ocurre en tiempos diferentes, pero siempre en el mismo orden y con el mismo intervalo de tiempo.

La secuencia de arranque y operación de un motor de tres fases comienza con la magnetización de los polos A por la fase A.



Enseguida, la fase B magnetiza a los polos B, y la corriente inducida al rotor hace que éste gire.

Enseguida, los polos C se magnetizan por la fase C y el rotor sigue girando.

A continuación se magnetizan de nuevo los polos A, pero la corriente fluye en dirección contraria y la polaridad cambia, gracias a lo cual el rotor sigue girando.

Después se magnetizan los polos B y el rotor continúa girando.

Al ser magnetizados de nuevo los polos C, el rotor y el campo magnético han dado una vuelta completa.

La mayoría de los motores trifásicos están hechos para girar a 1750 revoluciones por minuto, a base de doce polos, en donde cada una de las tres fases tiene cuatro polos. De acuerdo con la forma de ventilación, los motores se clasifican en *abiertos* y *cerrados* o *blindados*. Los abiertos tienen en la parte inferior del armazón unos orificios para la entrada y salida del aire del interior, sacando el calor excesivo de las bobinas y del núcleo.

Los motores blindados o cerrados están hechos para trabajar donde hay polvo o humedad. Para enfriarlos, el calor se transmite a la armazón, que tiene unas nervaduras externas o aletas, que al contacto con el aire disipan el calor.

Para hacer la revisión, el diagnóstico y la reparación de motores eléctricos se necesitan diversas herramientas comunes y algunas especiales.

HERRAMIENTAS

Herramientas comunes 28
Herramientas propias del oficio 29
Alambre magneto 32
Aislantes 33
Terminales para conductores 33

MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Entre las herramientas comunes están las pinzas de combinación o de electricista, que son indispensables. Además de éstas hay otras pinzas que son de gran utilidad, como las pinzas de corte o alicates, las pinzas de punta y las diversas pinzas para despuntar o pelar cable, las pinzas para cerrar zapatas, así como unas tijeras.

Los mazos de madera se emplean para golpear las tapas del motor sin dañarlas, a fin de meterlas o sacarlas. Los martillos de bola o de mecánico también son útiles al desarmar y armar los motores, junto con un cincel para metales y un punto de golpe, un juego de destornilladores y otro de llaves españolas.

Para sacar los rodamientos es indispensable un extractor.

El cautín se emplea para soldar algunas uniones de cables.

El arco para metales y las seguetas son muy útiles en una gran cantidad de operaciones, como se verá más adelante, al igual que una buena navaja.

Un juego de limas puede ser de una gran utilidad.

HERRAMIENTAS

Ya como herramientas propias, aunque no exclusivas del oficio, podemos tener una lámpara de pruebas con un foco o lámpara de 125 volts.

El calibrador de alambre es casi indispensable para determinar el diámetro o calibre de los conductores de las bobinas.

Hay también algunas herramientas que produce el propio reparador, tal como un rebajador de mica, hecho con un trozo de segueta a la que se quita la trabazón de los dientes en una rueda de esmeril y se le pone un mango, dejando que los dientes apunten en sentido sentido opuesto al mango.

También con una hoja de segueta se hace un limpiador para colector.

El buril plano, que se puede construir hasta con la punta aplanada de un clavo, se emplea para meter los alambres en la ranura de las delgas del colector.

Una espátula de madera sirve para meter y alinear los alambres dentro de las ranuras.

Las herramientas de medición eléctrica, comunes a todos los oficios eléctricos, son indispensables. Las más importantes son el voltímetro, el óhmetro y el amperímetro.

Aunque cada una de estas herramientas de medición se puede tener por separado, lo más común es disponer de una sola que combine las tres, como el multiamperímetro de pinza.

Este multiamperímetro de pinza tiene una carátula con varias escalas, tanto para volts como para amperes y ohms.

Para seleccionar las escalas tiene una perilla.

En un extremo tiene unos enchufes para los cables de prueba. Dos de ellos son para medir la tensión en volts.

En otro extremo tiene unas pinzas con dos mandíbulas que se abren al presionar una palanca, y sirven para medir la cantidad de corriente que pasa por un conductor, en amperes.

Otros dos enchufes, junto con con otros cables y un bulbo donde se aloja una batería eléctrica, son para medir la resistencia en ohms.

Al igual que el agua necesita presión para circular por la tubería, la corriente necesita tensión para circular por el cable. El voltímetro mide la tensión de la corriente en volts. Para medir los volts se coloca una punta de los cables de prueba en uno de los cables con corriente y la otra punta en el otro. Según la cantidad de corriente en el conductor, se escoge la escala que más se adecue.

Así, si se trata de una línea de 115 volts, se puede escoger la escala de 0 a 150 volts.

Si se trata de una corriente de 230 volts es mejor seleccionar la escala de 0 a 300 volts.

La cantidad o intensidad de corriente que pasa por un conductor se mide en amperes. La intensidad de la corriente que pasa por un cable puede compararse con la cantidad de litros de agua que pasa por una tubería cada minuto. Con la pinza de medición se puede medir fácilmente la intensidad de la corriente alterna en los mismos circuitos de las instalaciones. Simplemente se colocan las pinzas alrededor de los conductores eléctricos aislados, sin necesidad de desconectarlos o interrumpir el circuito.

Al igual que con los volts, se puede escoger la escala adecuada a la tensión de la corriente que se quiere medir. Las escalas en rojo son para medir los voltios, mientras que las escalas en negro son para medir los amperes.

La resistencia eléctrica se mide en ohms. Aun el mejor conductor eléctrico, como el cobre o la plata, oponen cierta resistencia al paso de la corriente que circula por ellos. El grado de resistencia depende del material del que está hecho, del largo del conductor y del diámetro del mismo. El símbolo del ohm es Ω, la letra griega Omega. Para medir la resistencia se envía a través del conductor una pequeña corriente directa. La diferencia entre la corriente que sale de un extremo y la que llega al otro es la resistencia, que se mide en ohms.

Cuando se requiere medir la corriente directa en volts, se necesita utilizar un multímetro que contenga los circuitos necesarios para medirla, y se seleccionan con la perilla.

El probador de motores o *grauler* es seguramente la única herramienta exclusiva del reparador de motores. Es un aparato eléctrico que se emplea para probar cortocircuitos en los rotores.

Un modelo más pequeño de grauler se utiliza para probar los cortocircuitos en los campos o estatores.

Los conductores de cobre o aluminio para bobinas, conocidos como alambre magneto, tienen una delgada capa aislante y resistente de esmaltes especiales, seda y algodón. Se distinguen de los usados en las instalaciones eléctricas porque ésos llevan un recubrimiento más grueso de plástico o hule. Se utilizan cuatro *clases de aislamiento. La clase "A" es para motores* cuya temperatura total de trabajo no exceda de 105 °C. Esta temperatura equivale a la suma del calor ambiente y el calentamiento del motor al trabajar. Los motores clase "A" están hechos para un servicio continuo, con un calentamiento de 40 a 50 °C y una temperatura ambiente de 40°. Los alambres clases "B", "C" y "F" están hechos para trabajar entre 130 °C y 180 °C cubiertos con una película de poliuretano y una capa exterior de nylon o fibra de vidrio.

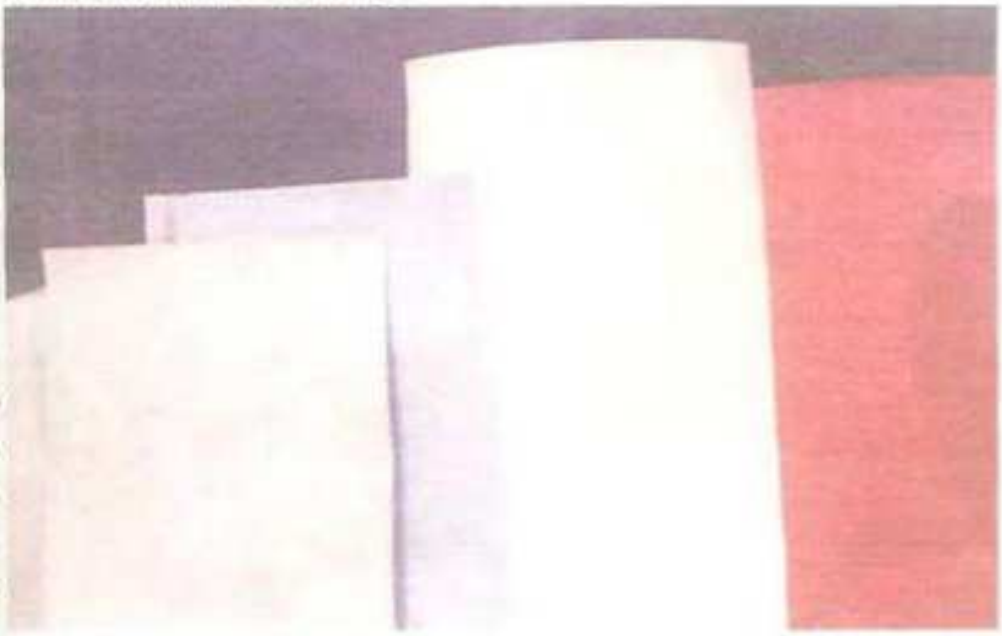
Según el tipo de recubrimiento y el número de capas, el alambre magneto se clasifica de la siguiente manera:

1 a 3 capas de esmalte
1 a 2 capas de seda
1 a 2 capas de algodón
1 capa de esmalte y 1 de algodón
1 capa de esmalte y 1 de seda.

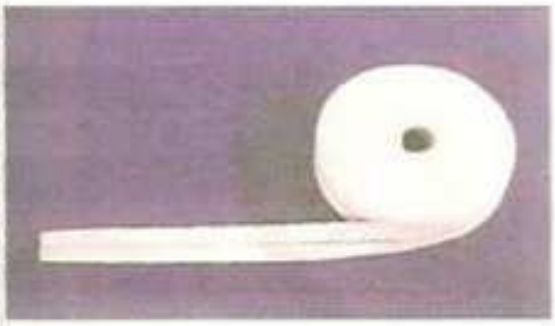
Los alambres magneto que tienen dos capas de esmalte resisten bien las temperaturas altas y tienen un diámetro reducido.

Al hacer los rebobinados se usa siempre alambre magneto con un diámetro y un aislamiento igual al de los originales.

AISLANTES



Al embobinar se usan algunos materiales aislantes, principalmente para evitar el contacto directo de los alambres de la bobina con el metal de las ranuras del estator. Para ello hay tres grandes grupos de materiales: los de papel, los de tela y los de mica. Los papeles y cartones están hechos de fibras vegetales, como la madera, el yute, el algodón y el cáñamo. Se consiguen en rollos de distintos espesores, que van de 10 a 80 mm, ya sea simples o impregnados con barnices, resinas y aceites secantes.



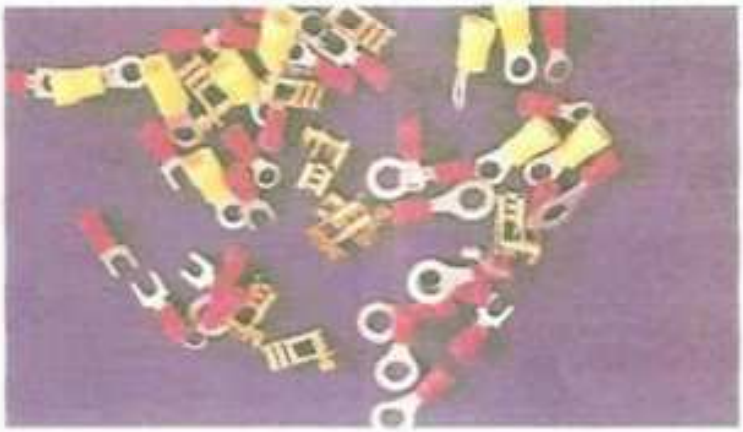
Las telas son principalmente de algodón o seda, flexibles e impregnadas con barnices aislantes para hacerlas resistentes a la humedad.

Las telas de fibra de vidrio hechas a base de un hilo muy fino, más delgado que un cabello, no absorben humedad, resisten a la mayoría de los productos químicos y pueden usarse a temperaturas muy elevadas.

La mica es un aislante mineral de alta calidad que tiene una resistencia a la electricidad muy elevada; soporta sin alteración temperaturas altas y es inerte al agua y los ácidos. Se consigue en hojas de dos variedades: la mica blanca y la mica ámbar.

Los barnices se utilizan para aumentar el aislamiento eléctrico y para proteger las bobinas de los daños mecánicos y la humedad. Hay dos tipos principales: los de secado al aire libre y los de secado en horno.

TERMINALES PARA CONDUCTORES



Las terminales o zapatas para conductores son unas pequeñas piezas que se colocan en los extremos de los alambres para hacer una buena y más fácil conexión a los bornes del motor. Se hacen de bronce o latón y tienen un mango, donde se aloja el conductor, y un ojal, que es el que se coloca en el borne. Éste puede ser abierto como herradura, cerrado, como un anillo, o con un enchufe, ya sea hembra o macho.

Los motores monofásicos de inducción son los más comunes en las casas, los talleres y las industrias. Se construyen de muy diversas potencias, que van desde un veintavo de caballo hasta 10 caballos de fuerza.

Los hay de dos tipos: de fase partida y de condensador.

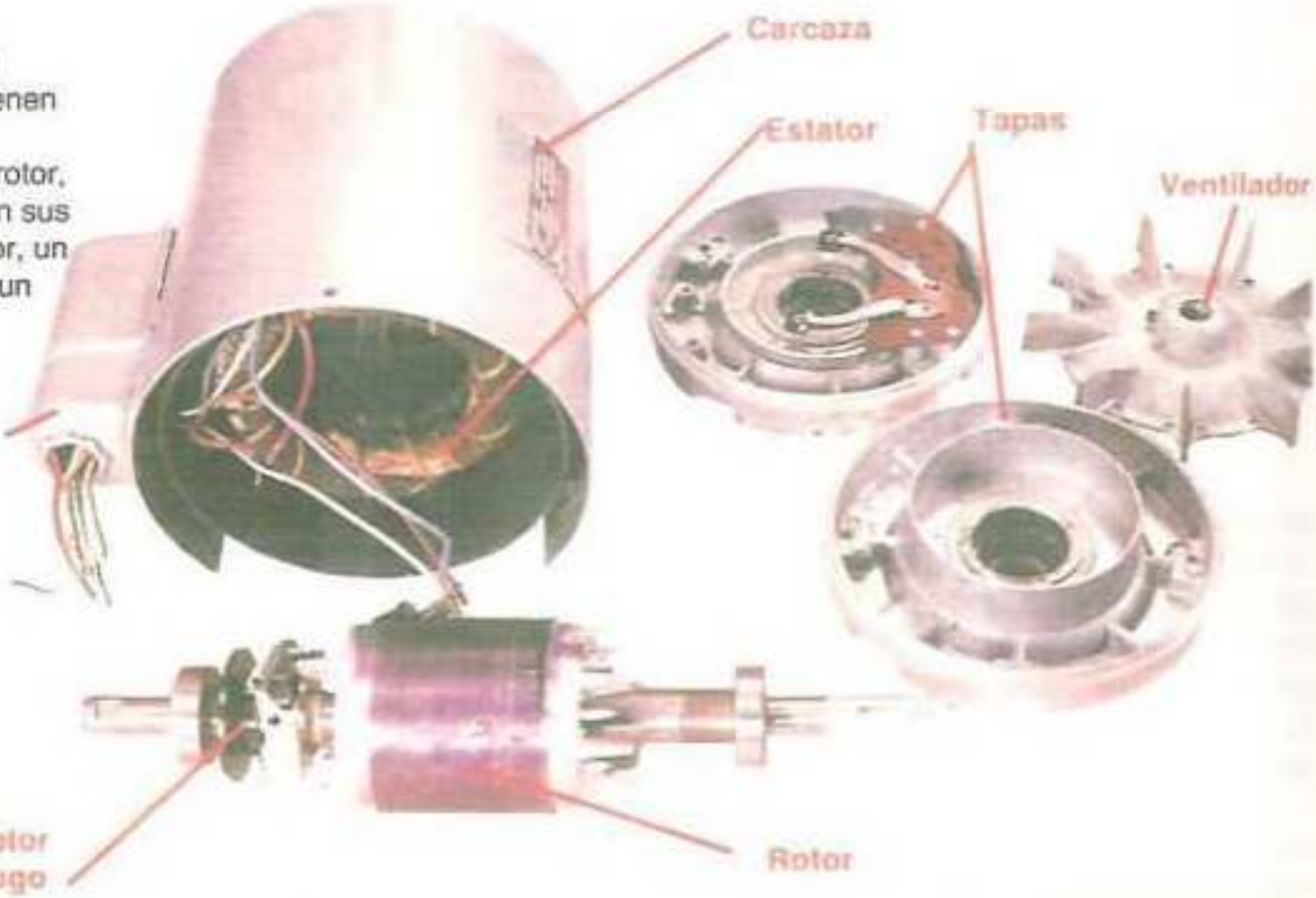
MOTORES DE CONDENSADOR

Características 36
Localización de averías 40
Revisión del condensador 41
Revisión del interruptor centrífugo 42
Rebobinado 47
Toma de datos y desarmado 47
Sacado de las bobinas viejas 57
Aislamiento de las ranuras 60
Embobinado a mano 62
Embobinado con molde 74
Embobinado en madejas 80
Conexión de las bobinas 81
Verificación eléctrica 88
Secado e impregnación 90
Armado del motor 91
Detección de fallas 92

Los motores de fase partida son iguales a los de condensador, solamente que carecen de éste. Son de funcionamiento muy seguro y potencia moderada, pero se ven poco porque generalmente se usan en las lavadoras y otros aparatos domésticos, donde van ocultos. Las características de su reparación y bobinado son semejantes a las del motor con condensador.

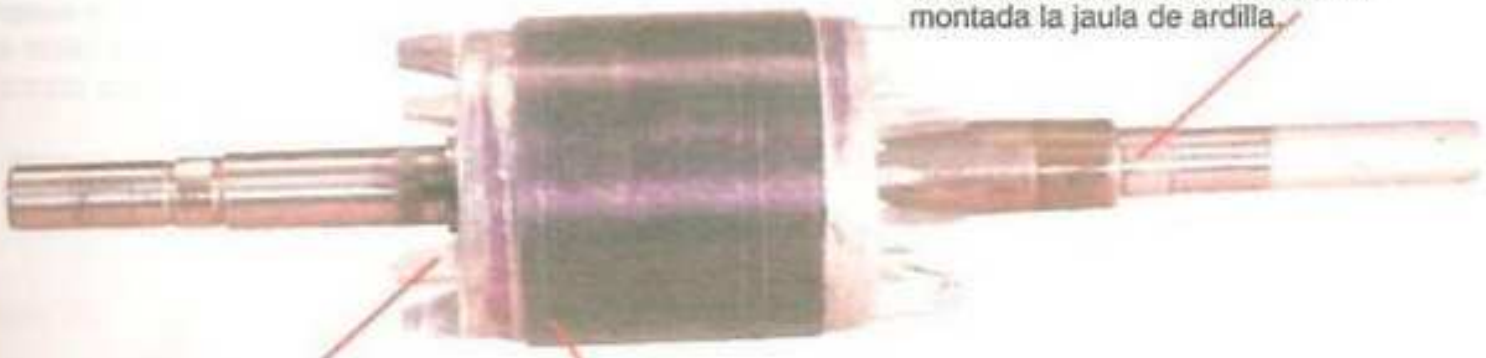
Los motores más conocidos son los de condensador, que se distinguen por tener una protuberancia en la parte superior o a un lado de la carcaza. Se usan para bombas, compresores, lavadoras, refrigeradores, etc. Hay varios tipos: unos tienen el condensador sólo en el arranque; otros, uno permanente, y algúnos más, uno para el arranque y otro permanente. Aquí nos referiremos únicamente al motor con condensador en el arranque.

Los motores de condensador tienen cinco partes principales: un rotor, una carcaza con sus tapas, un estator, un condensador y un interruptor centrífugo.



MOTORES DE CONDENSADOR

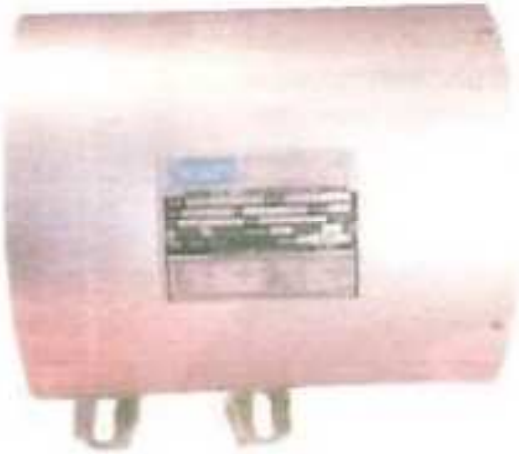
El rotor tiene tres partes principales: la primera es el eje sobre el que va montada la jaula de ardilla.



La segunda es el núcleo, formado por un paquete de láminas de hierro al silicio, aisladas entre sí, prensadas y dispuestas sobre el eje a presión.

La tercera es la jaula de ardilla, formada por barras de cobre o aluminio colocadas en las ranuras del núcleo y unidas en cortocircuito, en cada extremo del núcleo, mediante dos gruesos aros de cobre.

Algunas veces el rotor también lleva un ventilador montado sobre el eje.



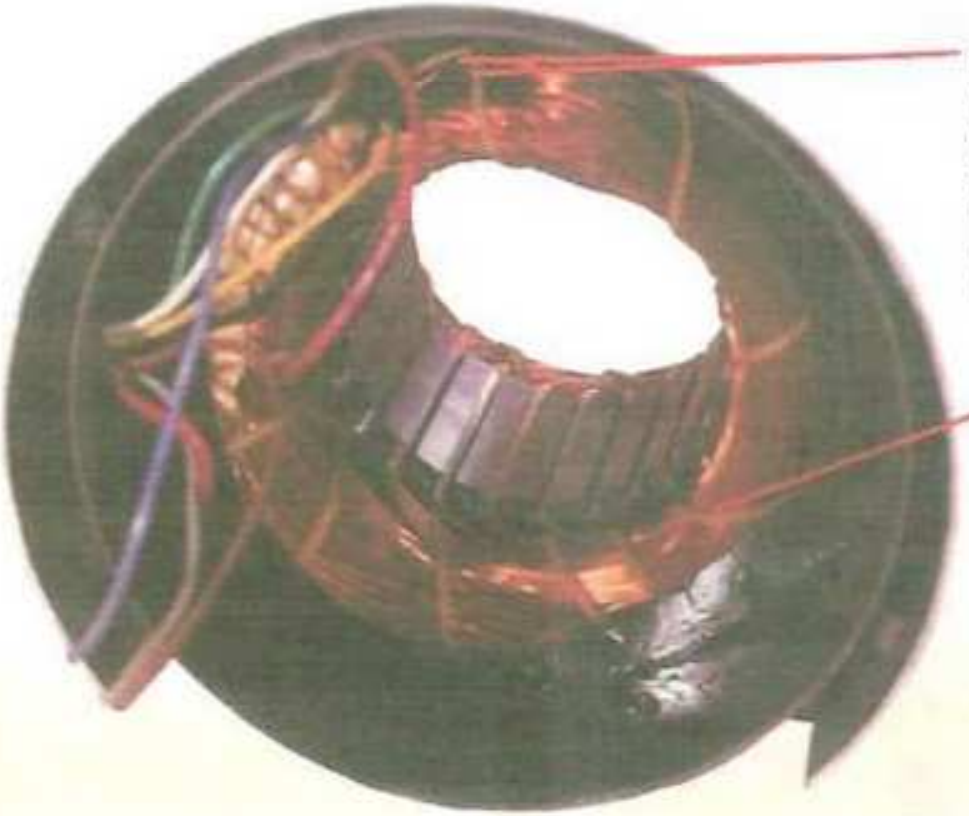
La carcaza exterior de metal sirve de sostén a toda la máquina; tiene unas patas de apoyo y lleva una placa con bornes para conectar a la corriente de la red.

A los lados de la carcaza están las tapas con los baleros, dentro de los cuales va alojado el eje del rotor, perfectamente centrado para que gire libremente.

MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Adentro de la carcaza va el estator fijo, formado por un núcleo de láminas de hierro al silicio, aisladas entre sí y prensadas, formando un paquete rígido.

El núcleo tiene en el interior unas ranuras en las que se alojan dos bobinas de alambre de cobre aislado, una de trabajo y otra de arranque.



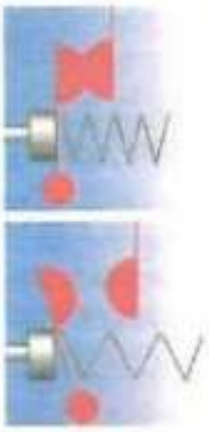
La bobina de trabajo está hecha con un conductor de cobre grueso, esmaltado o barnizado, colocado en el fondo de las ranuras.

La bobina de arranque, que sólo se necesita para poner en marcha el motor, está hecha con alambre de cobre fino, esmaltado o barnizado, y va colocada, en parte, sobre las bobinas de trabajo.

MOTORES DE CONDENSADOR

En el momento del arranque las dos bobinas están conectadas a la corriente, pero cuando el motor alcanza 75% de su velocidad, un interruptor centrífugo desconecta automáticamente de la red a la bobina de arranque.

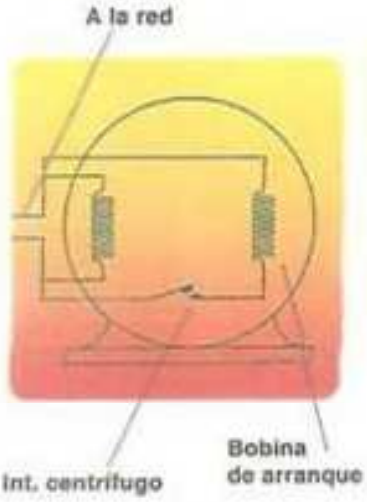
El interruptor centrífugo tiene dos partes. Una fija a una de las tapas o a la carcaza y otra giratoria, montada sobre el rotor.

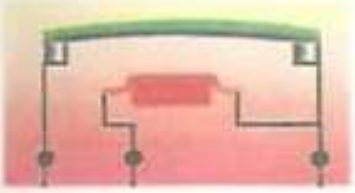


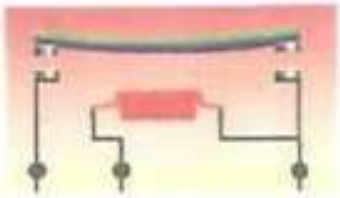
Mientras el motor está en reposo o girando a poca velocidad, la presión de la parte móvil mantiene cerrados los contactos con la parte fija, pero cuando gira a alta velocidad, la presión centrífuga abre estos contactos.

El condensador tiene la propiedad de almacenar electricidad. Va conectado en serie a la bobina de arranque, para establecer con más potencia el campo giratorio inicial. Por tanto, estos motores tienen un arranque más potente y absorben una cantidad inicial de corriente más pequeña que los similares de fase partida.

Igual que las bobinas de arranque, los condensadores de arranque son desconectados por el interruptor centrífugo cuando el motor está cerca de su velocidad normal. En estos *motores el embobinado de* arranque, el interruptor centrífugo y el condensador van conectados en serie.







Algunos motores tienen además un protector térmico, que es una placa de metal que se dobla al subir la temperatura sobre cierto límite, con lo que abre un interruptor que corta la corriente.

La mayoría de estos motores son monofásicos, es decir, están hechos para trabajar a una tensión de 115 volts. Pero hay algunos que se fabrican para trabajar también con una tensión de 230 volts. Son bifásicos y monofásicos.

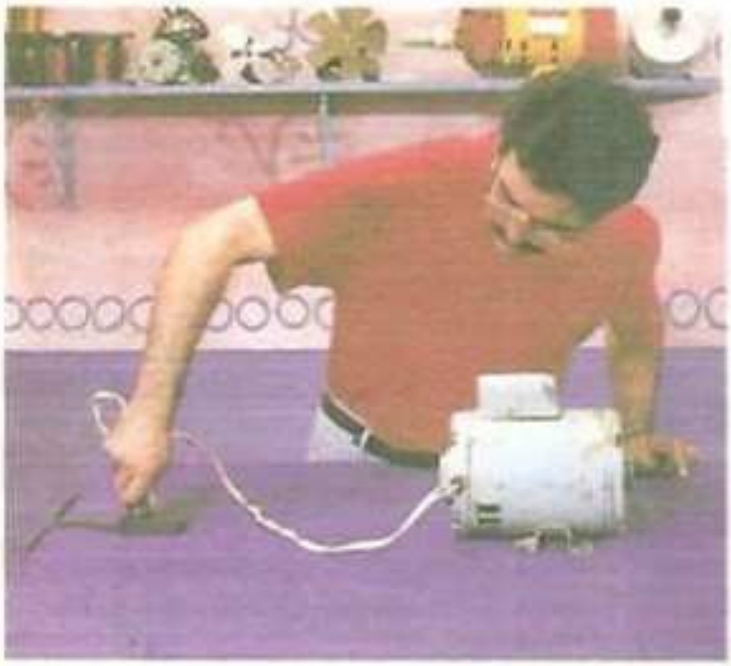
Para identificar y localizar las posibles fallas de un motor, antes de abrirlo hay que inspeccionar el exterior para detectar si hay tapas rotas, si el eje está torcido, si hay conexiones interrumpidas o quemadas.

Enseguida, hay que ver si los cojinetes o baleros se encuentran en buen estado, moviendo el eje hacia arriba y hacia abajo. Si hay algún juego es posible que el cojinete esté desgastado.

A continuación, se gira el eje con la mano para cerciorarse de que puede dar vuelta sin dificultad. Cualquier resistencia indica una avería en los cojinetes, un eje torcido o un montaje defectuoso del motor.

Ahora hay que ver si algún punto de las bobinas, por algún deterioro en el aislamiento, está en contacto o a tierra con el núcleo del estator o del rotor. Esto se averigua con una lámpara de prueba que se conecta a la corriente y una de sus puntas se une a una de las entradas de energía.

Mientras, con la otra punta de prueba se toca la carcaza o el núcleo del estator. Si hay tierra, la lámpara se encenderá.



Si el motor gira sin dificultad, la siguiente prueba es tratar de poner el motor en marcha, conectándolo a la corriente unos segundos. Si en el interior del motor hay algún defecto puede ocurrir que salten los fusibles o que el motor humee, que camine despacio o con ruido, o simplemente que el motor se quede parado, sin hacer nada. Cualquiera de esas fallas son evidencia de que las bobinas del motor, el interruptor centrífugo o el condensador están mal y que hay que abrir, inspeccionar y probablemente rebobinar el motor para que vuelva a servir.

MOTORES DE CONDENSADOR

Si al conectar el motor a la red éste emite un zumbido y poco después salta un fusible, sin que el motor se haya puesto en marcha, es probable que haya un defecto en el condensador.

La manera más común y simple de probar si es el condensador, es sustituirlo por otro de la misma capacidad y voltaje. En la envoltura llevan impresa su capacidad, medida en microfarads, el voltaje y la temperatura en que trabajan. Los usados para arrancar motores varían de 2 a 800 microfarads.
Si después de cambiarlo el motor arranca, es que el condensador estaba averiado.

Si no se dispone de un condensador igual, entonces hay que probar el que tiene puesto. Se empieza por desconectarlo de las terminales que vienen de las bobinas de arranque, con cuidado de no tocar ambos bornes directamente con la mano, porque se puede producir una descarga peligrosa.

Enseguida, se descarga el condensador. Para ello se tocan los dos bornes con un destornillador que tenga un buen mango aislante, cuidando de asirlo solamente por el mismo. Si el condensador tiene carga, saltará un chispazo.

A continuación se alimenta el condensador con una corriente alterna de 115 volts, intercalando en uno de los cables de corriente un fusible de 10 amperes.

Si al conectar la corriente el fusible se funde, es que el condensador tiene un cortocircuito, por lo que debe ser cambiado.

Si aparentemente todo va bien con el condensador, pruebe la carga. Alimente corriente de 115 volts por unos 15 segundos y desconecte el condensador.

REVISIÓN DEL CONDENSADOR

Después, toque los dos bornes con el destornillador. Si salta una descarga con una chispa brusca es probable que esté bien. Si no se observa chispa lo más probable es que haya bajado su capacidad o tenga una interrupción. Pero para estar seguro debe repetir esta prueba tres veces. El que produzca chispa no garantiza que esté bien, pues hay descargas aun con baja capacidad. Pero si se supone que el condensador está defectuoso, lo aconsejable es cambiarlo por uno nuevo.

Si se descarta que la falla está en el condensador, la avería del motor puede estar en el interruptor centrífugo o en las bobinas de arranque.

REVISIÓN DEL INTERRUPTOR CENTRÍFUGO

El interruptor centrífugo presenta dos problemas principales: uno es que no haga contacto y por tanto no permita el encendido del motor, y otro es que no deje de hacer contacto una vez que el motor ha alcanzado su velocidad normal de trabajo.

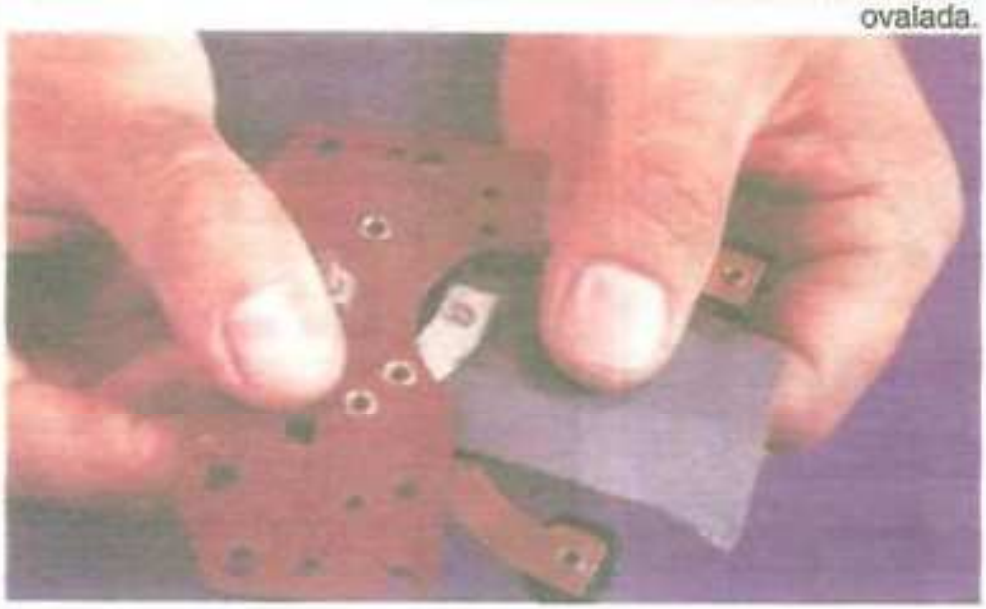
Cuando no se interrumpe la corriente a la bobina de arranque, el motor consume más electricidad de la normal para su operación. Es relativamente fácil detectar esta falla, pues basta probar la intensidad de la corriente con el amperímetro de pinza. Si los amperes que consume son cerca de dos veces lo que marca la placa de características, entonces es probable que permanezcan conectadas las bobinas de arranque porque el interruptor centrífugo no se abre.

Cuando el interruptor centrífugo no se cierra, el motor simplemente no arranca.

Para reparar el interruptor centrífugo se desmonta la tapa del motor, se anota la forma en que van conectados los cables y con un destornillador se separa la parte fija de la tapa.

La parte fija se limpia con solvente y un pincel.

Enseguida, con una lima fina y delgada o con un trozo de lija de agua, se frotan suavemente los platinos hasta que quedan limpios y brillantes, con su superficie ligeramente ovalada.



A continuación se calibran los platinos para que tengan una "luz" o separación de 2 mm. Para ajustarlos, las láminas de regulación se doblan con unas pinzas de punta.

También se pueden ajustar doblando directamente la placa que sostiene al platino móvil.

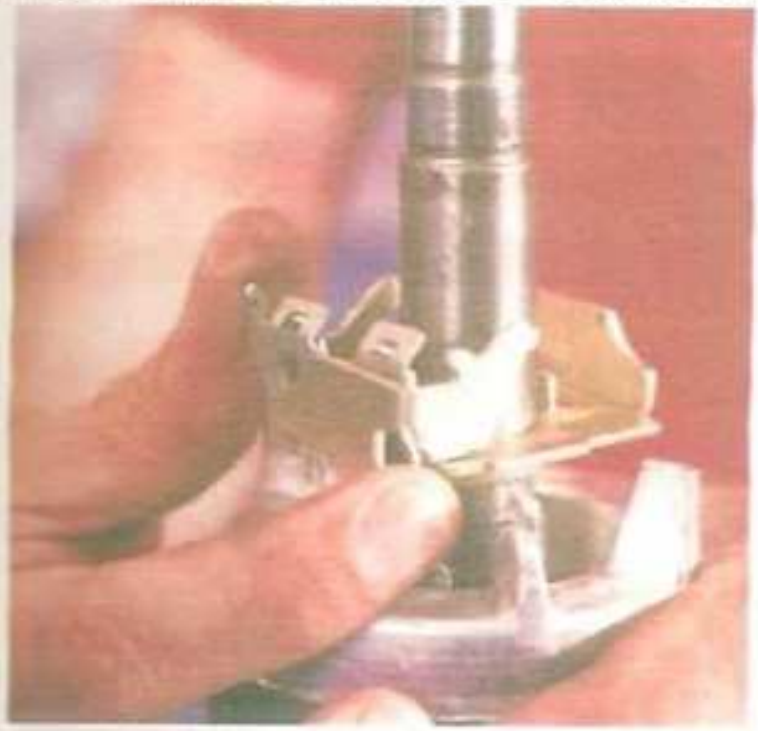
Luego, se verifica la abertura con un calibrador.

Presione varias veces el platino móvil para ver si al regresar conserva la abertura de 2 mm.

Posteriormente se quita la parte móvil, sacando el resorte con la ayuda de un gancho de alambre.

Después se saca el carrete de empuje. Si está trabado se presiona primero hacia el motor, y se limpia el eje con un poco de solvente y fibra de plástico.

Finalmente se retira el soporte.



Se lavan todas las partes son solvente y una brocha y se vuelve a armar todo, comenzando por fijar nuevamente el soporte con sus tornillos.

Luego se mete el carrete en el eje del rotor, asegurándose de que las pestañas del soporte entren en las ranuras del carrete.

Con la ayuda de un gancho de alambre coloque los resortes.

Luego, haga presión sobre el carrete de empuje y vea si se desliza con suavidad.

Ahora meta el rotor dentro de las tapas sin que se caigan las arandelas.

Con una lámpara de prueba verifique que los platinos hayan quedado cerrados. Si la lámpara enciende es que los platinos han quedado cerrados.

Si los platinos han quedado abiertos, se regulan las horquillas, doblándolas con unas pinzas de puntas, pero sin cambiar la abertura de 2 mm entre los platinos.

Luego, con los dedos, presione hacia el núcleo el carrete de empuje y vea si los platinos abren bien. Si al empujar el carrete los platinos no se abren, regule la tensión de las horquillas. Enseguida arme el motor y pruébelo con la corriente.

REBOBINADO

El rebobinado de un motor con condensador comprende ocho operaciones:

1. Toma de datos y desarmado;
2. Desarmado de las bobinas defectuosas;
3. Aislamiento de las ranuras;
4. Rebobinado;
5. Conexión de las nuevas bobinas;
6. Verificación eléctrica de las nuevas bobinas;
7. Secado e impregnación, y
8. Armado.

TOMA DE DATOS Y DESARMADO

Antes de desarmar el motor y al irlo haciendo, es indispensable tomar los datos necesarios para hacer las nuevas bobinas.

La toma de datos para los motores de condensador se hace en una hoja que contiene espacios para la siguiente información:

Marca*	Número de serie*
Potencia (CF)*	Velocidad (r.p.m.)*
Tensión o voltaje*	Tipo de corriente (AC o DC)*
Amperes*	Frecuencia o ciclaje (50 o 60)*
Número de fases*	Protección térmica*
Calentamiento admisible*	Duración de servicio*
Número de ranuras en el estator	Número de polos

Bobina	Calibre del conductor	Número de bobinas	Vueltas por bobina	Paso de las bobinas
De arranque				
De trabajo				

Ranura número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	1
Bobina arranque																																					
Bobina trabajo																																					

Sentido de giro	A derecha	A izquierda

La mayoría de los datos marcados con un asterisco (*) se encuentran en la placa que hay en el exterior de la carcaza con las características del motor.

El resto son los datos de las bobinas y sus conexiones, y hay que tomarlos mientras se desarma.

Antes de desmontar el motor hay que marcar las tapas y su posición, haciendo en una de ellas una pequeña raya con un punzón, que abarque la tapa y un poco de la carcaza.

En la otra tapa se hacen dos rayas, para que al armar el motor no haya confusión de cuál es la tapa de adelante o la de atrás y ubicarlas en la posición exacta en que estaban originalmente colocadas.

Para desarmar el motor generalmente se comienza por quitar la polea, cuyo lado exterior se marca con un punzón y enseguida se quita el tornillo prisionero que la fija al eje.

Retírela por medio de un extractor.

Ya que se sacó la polea hay que quitar, golpeándola con un cincel o un destornillador, la cuña que se encuentra acomodada en la ranura de la flecha o eje del motor.

Si el motor tiene ventilador, se retira enseguida.

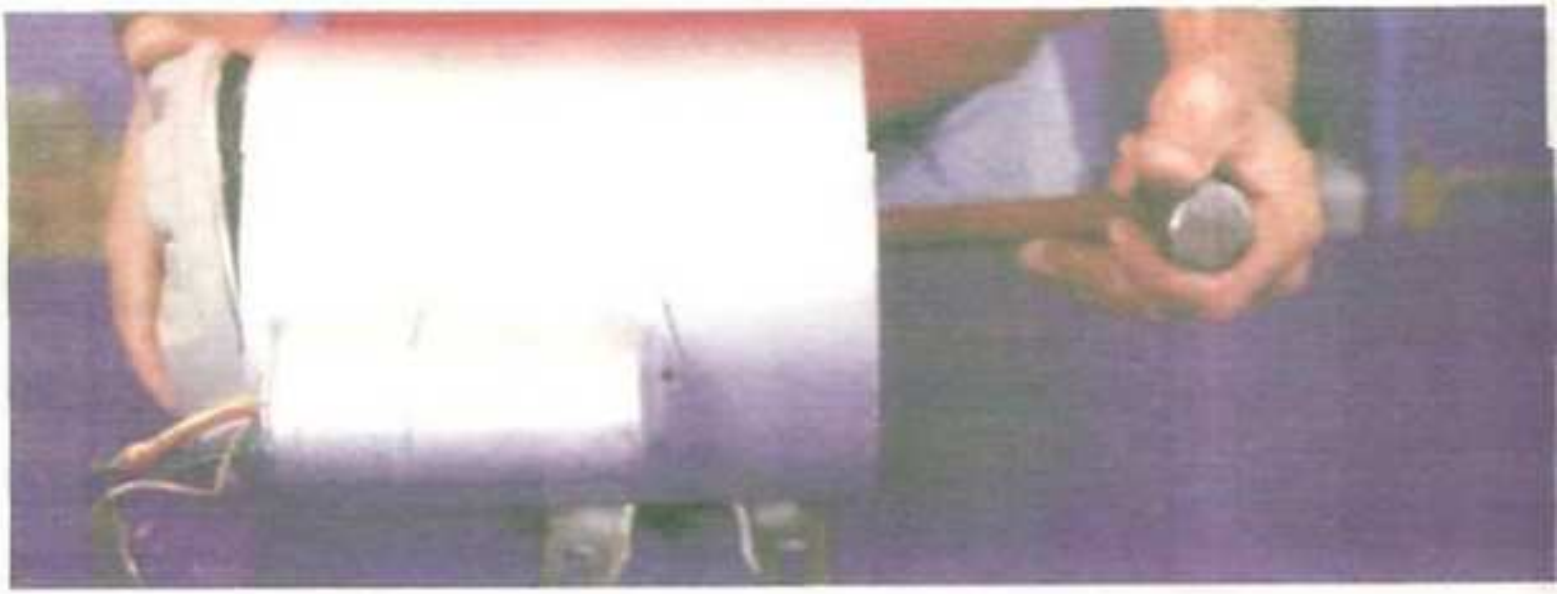
Luego se quitan los tornillos o tuercas que sostienen las tapas.

Enseguida, con la ayuda de un mazo de madera, se aflojan las tapas al tiempo que se jalan.

Cuando los tornillos que sostienen las tapas tienen una tuerca en el otro extremo, es necesario aflojarlos con la ayuda de una llave de tuercas.

Otras veces es necesario golpear el eje con un mazo para poder sacar la otra tapa.

Algunas veces es necesario hacer palanca con un par de destornilladores, a fin de que el balero corra dentro del eje.



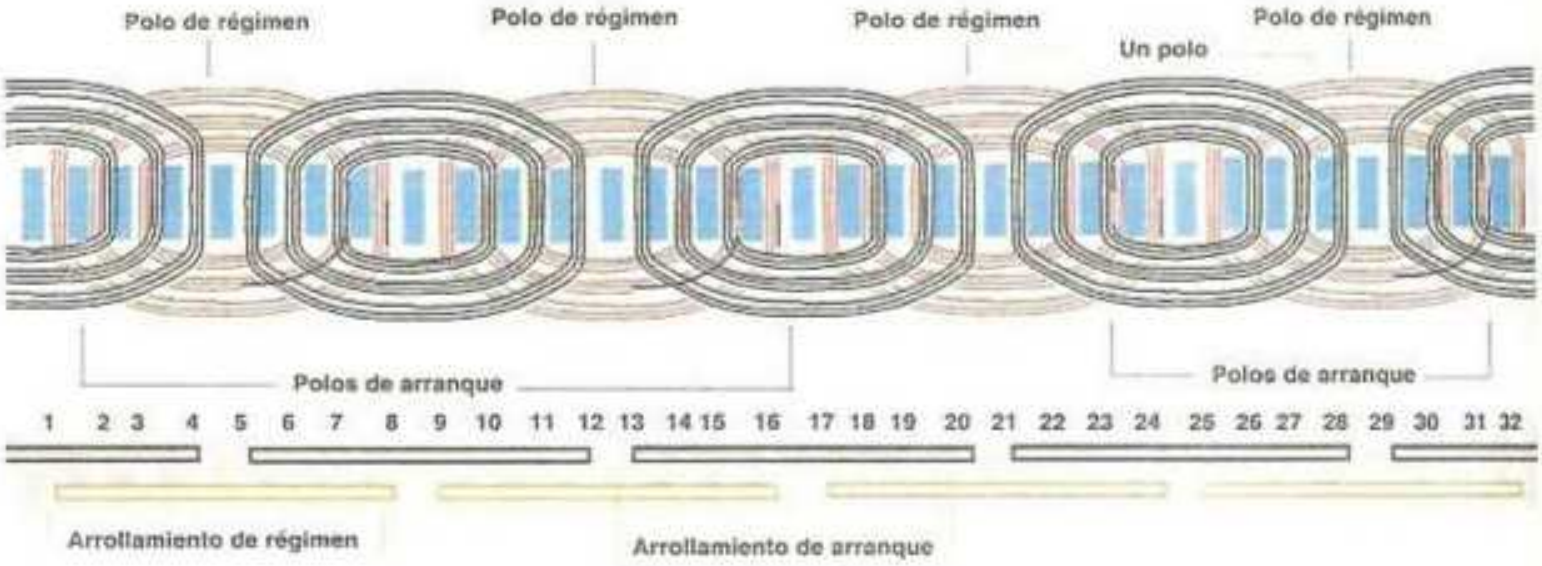
En ocasiones, la segunda tapa sale al golpearla por dentro con el mango de un martillo.

Al sacar la tapa con la placa de bornes se dibuja la manera en que está conectado cada cable, indicando el lugar de donde viene. Enseguida se pueden cortar los cables que van a la corriente.

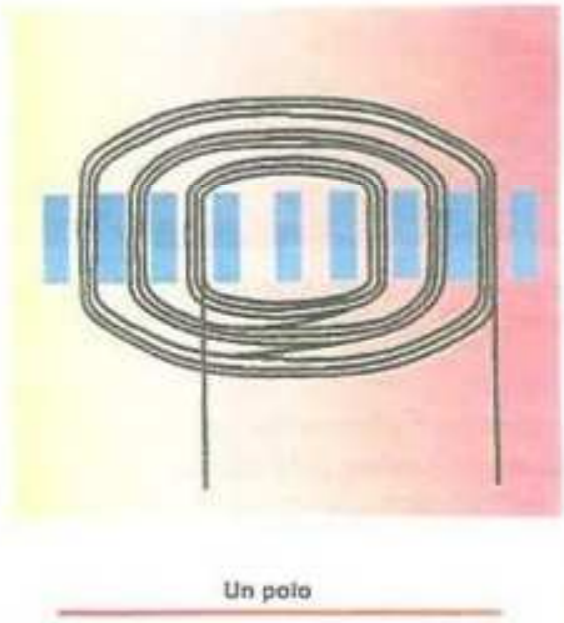
Igualmente, se pueden desconectar los cables que llevan al interruptor térmico.

Luego, con mucho cuidado para no deteriorar las bobinas que se encuentren en buen estado, hay que sacar el rotor.

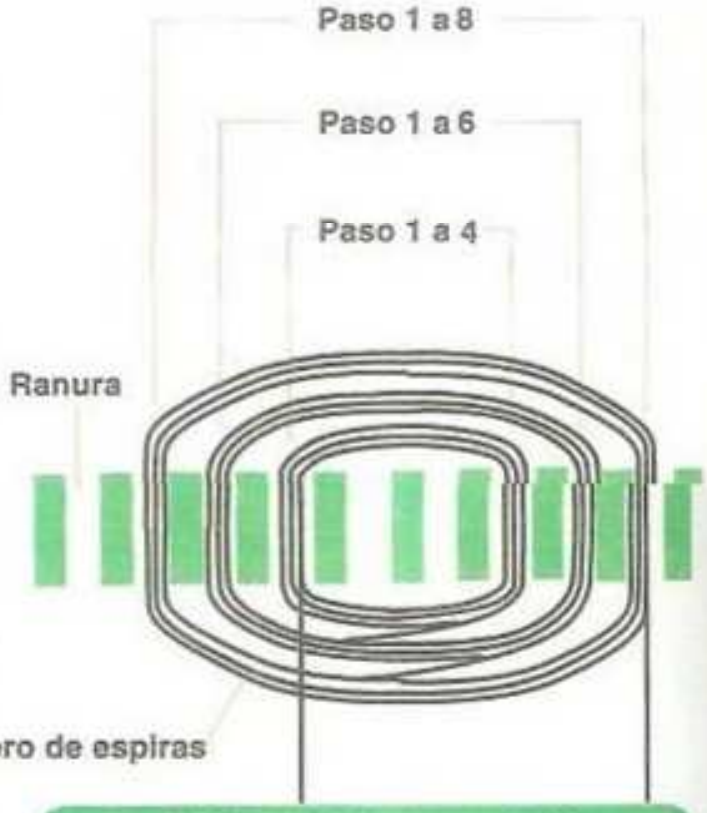
Ahora sí se puede comenzar a tomar los datos de las bobinas. Este motor es de 2 polos y 24 ranuras, y por tanto las bobinas se encuentran alojadas en las 32 ranuras, agrupadas en dos secciones o dos polos o grupos. Para saber el número de polos de un motor basta averiguar el número de secciones en que está agrupada una bobina de trabajo. Si en vez de dos grupos hubiera cuatro, entonces se trata de un motor de cuatro polos. En los motores de inducción, la velocidad está determinada por el número de polos. Así, un motor con dos polos gira a 3600 r.p.m.; uno de cuatro polos, a poco menos de 1800 r.p.m.; uno de seis polos, a poco menos de 1200 r.p.m., y uno de ocho polos a poco menos de 900 r.p.m. Esto cuando la frecuencia es de 60 ciclos, porque con un ciclaje distinto las velocidades son diferentes.



Si las bobinas y las ranuras de un estator de 32 ranuras se extendieran sobre una superficie plana, se verían de esta manera. Las bobinas de trabajo están abajo, mientras que las de arranque están encima. Cada polo de arranque está situado entre dos polos contiguos de las bobinas de trabajo. Los grupos de bobinas de arranque están siempre desfasados de las bobinas de trabajo.



También se puede ver que cada grupo o polo se compone de tres bobinas separadas, concéntricas, enrolladas una a continuación de la otra. Cada bobina va alojada en dos ranuras, separadas entre sí por varias ranuras.

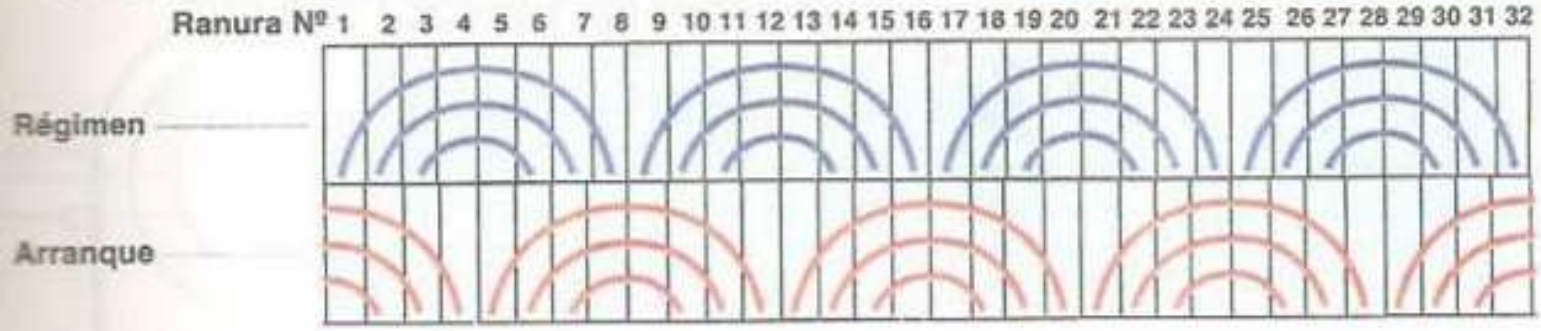


Bobina interior, paso 1 a 4

Bobina central, paso 1 a 6

Bobina exterior, paso 1 a 8

El número de ranuras que hay entre los lados de una misma bobina se conoce como *paso de la bobina*. En este caso, la bobina interior tiene un paso de 1 a 4 y la bobina intermedia de 1 a 6, mientras que el paso de la bobina exterior es de 1 a 8.



La posición de las bobinas en las ranuras y los pasos de bobina se anotan en la parte inferior de la hoja, en un diagrama en el que vienen representadas todas las ranuras.
Cada bobina y su paso se indican con un arco que empieza y termina en las ranuras donde va alojada. Se comienza por anotar el paso de las bobinas de arranque porque están encima.

Para ver el paso de las bobinas de trabajo, si es necesario, se levantan los extremos de las bobinas de arranque.

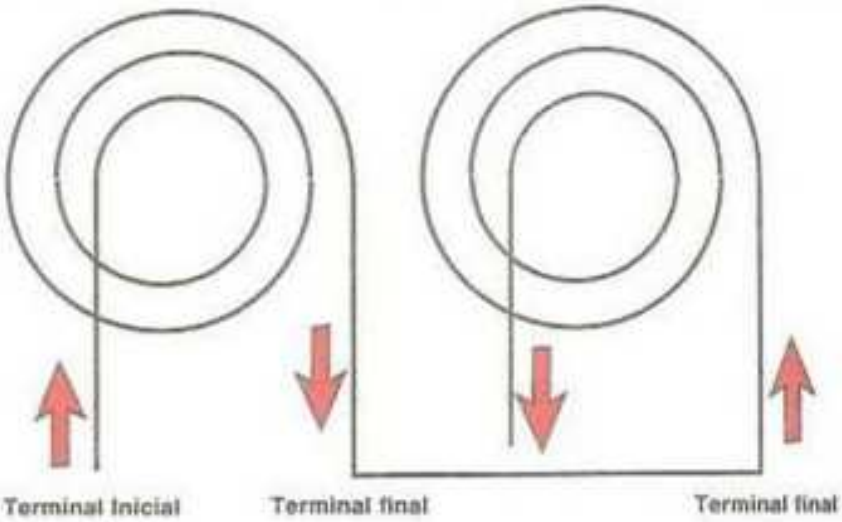
Se debe anotar la distancia que las bobinas o cabezas de bobina sobresalen de los lados de las ranuras para que las bobinas nuevas no sobresalgan una distancia mayor.

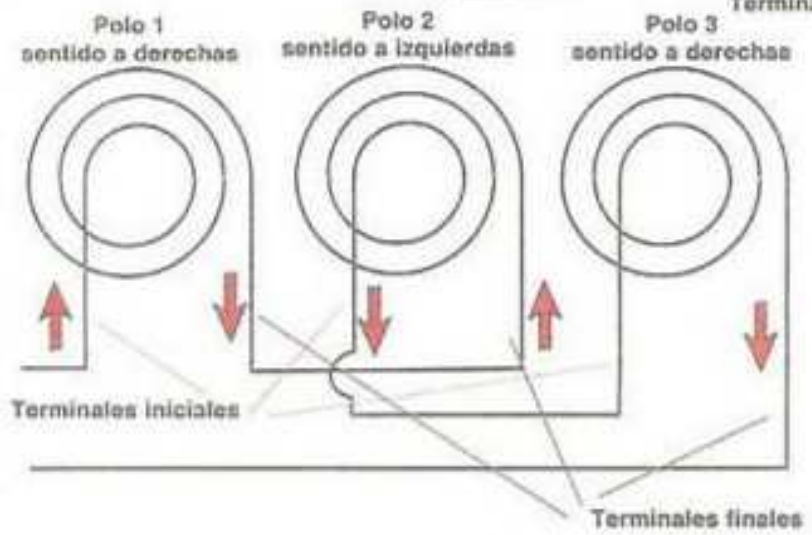
Enseguida, hay que anotar la clase de conexión que hay entre los polos, según estén hechos para un solo voltaje o para dos voltajes.

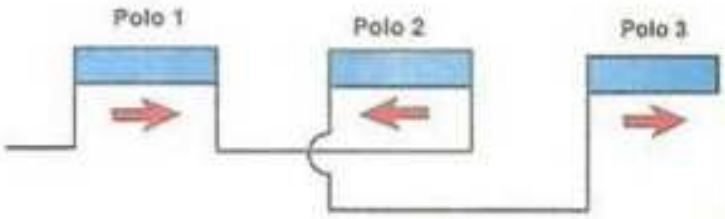
MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Para un voltaje de 115 lo más común es que los polos estén conectados en serie, uno tras otro, pero los polos contiguos deben ser siempre del signo opuesto. Esto se logra conectando las bobinas de manera que en un polo la corriente circule en un sentido y en el polo adyacente circule en otro.

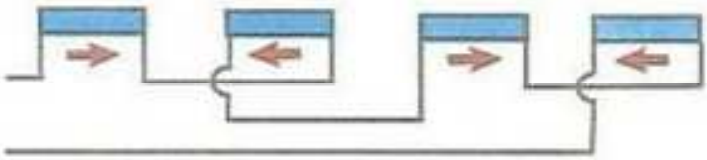
Para ello, la terminal final del polo uno va conectada con la terminal final del polo dos.



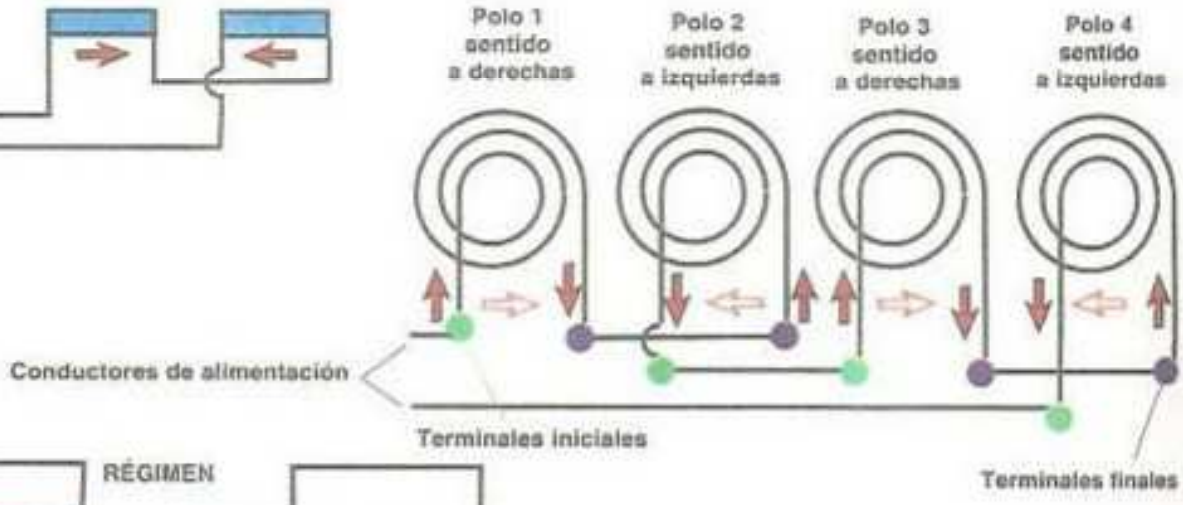


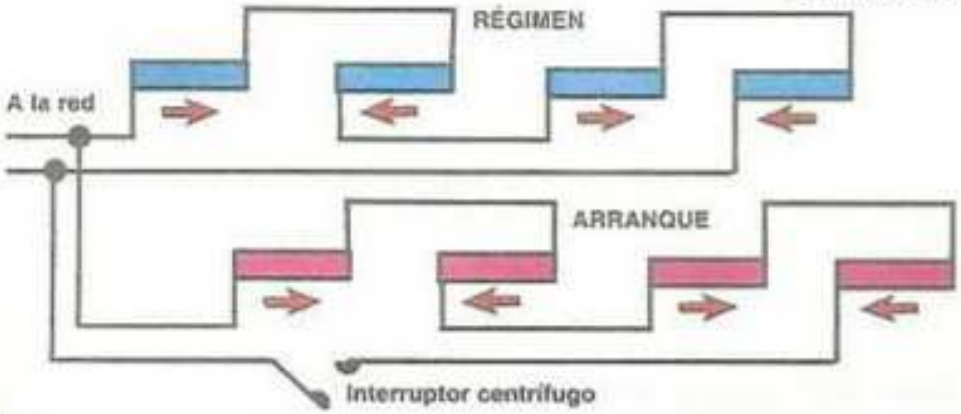


Enseguida, la terminal inicial del polo dos va conectada con la terminal inicial del polo tres.

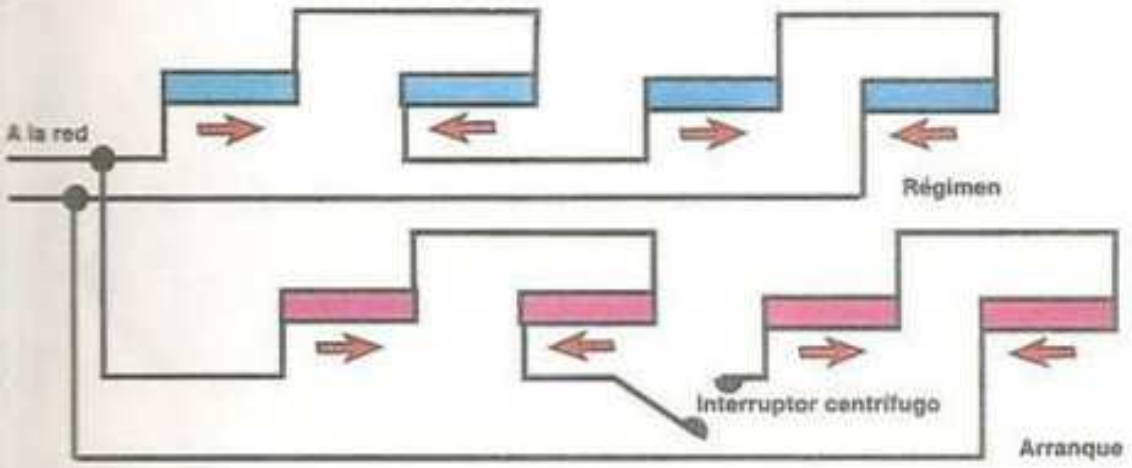


Por último, la terminal final del polo tres va conectada a la terminal final del polo cuatro.

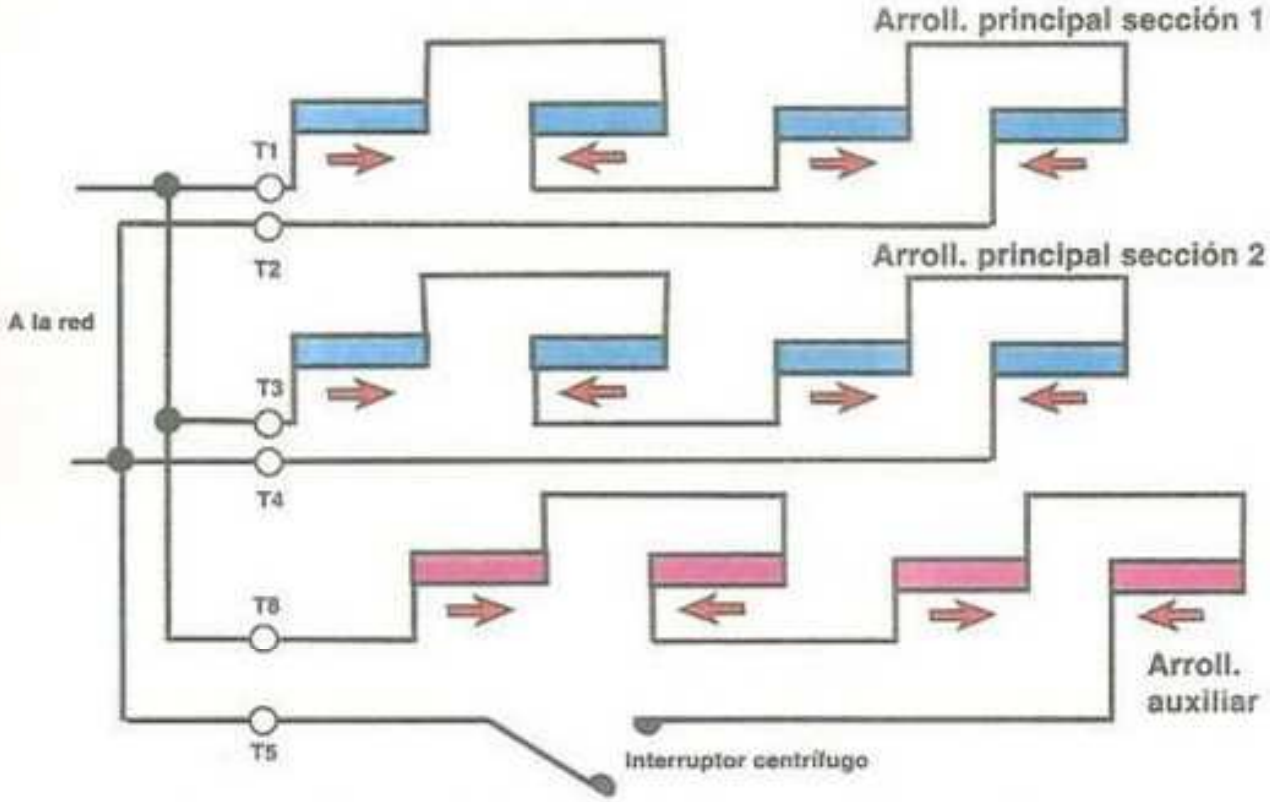




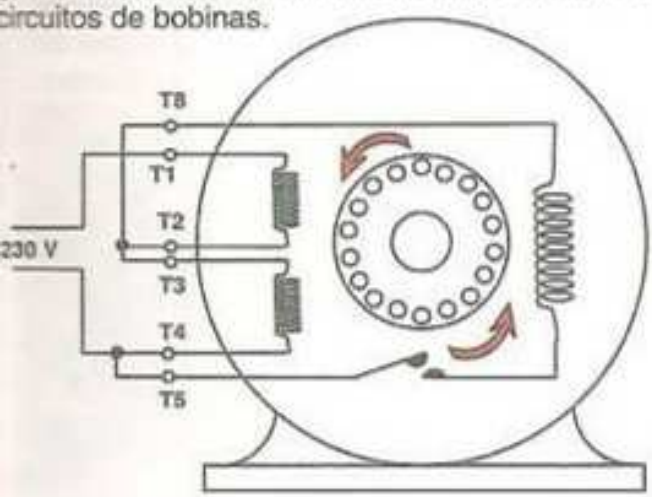
Los polos de las bobinas de arranque también están conectados de modo que las polaridades se alternen sucesivamente.
En algunos motores el interruptor centrífugo puede ir intercalado entre la alimentación de corriente y el polo cuatro.

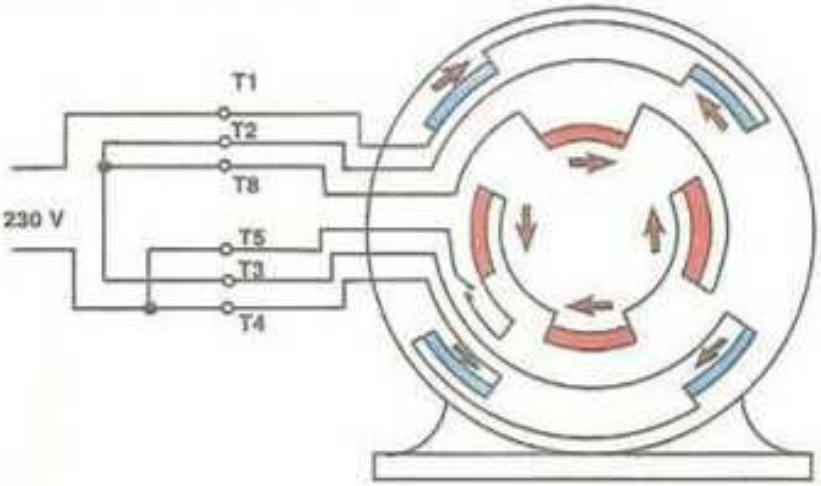


Otras veces, va interconectado entre los polos dos y tres.



Los motores que vienen preparados para trabajar a 115 y a 230 volts, lo cual se indica en la placa, generalmente están conectados tanto en serie como en paralelo, para que existan siempre dos ramas o circuitos de bobinas.





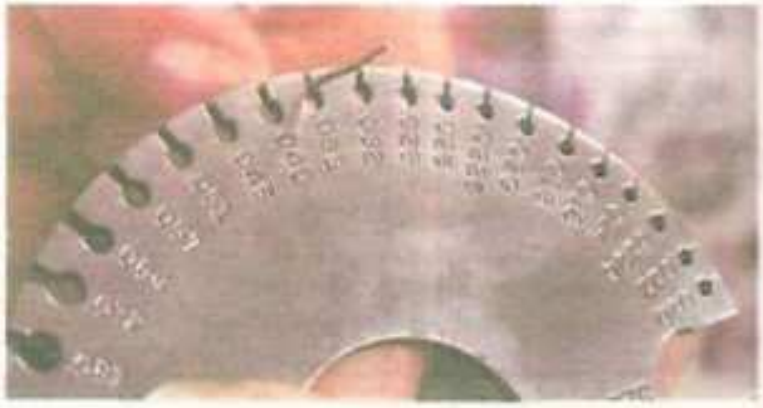
Hay que dibujar la manera en que están conectados los bornes de entrada y el interruptor centrífugo. Los cables de los bornes que están conectados a las bobinas de hilo delgado son los que van a las bobinas de arranque.

Los que están unidos a los alambres gruesos pertenecen a las bobinas de trabajo. Si es necesario, para ver bien, quite el cordel que mantiene todo unido y con un desarmador empuje hacia el centro las bobinas de arranque.

Ahora, hay que averiguar el diámetro del conductor de cada bobina. Para ello, con unos alicates se corta un alambre de una bobina de arranque y otro de una de trabajo.

Enseguida, con una navaja se raspa todo el derredor del alambre para quitar el barniz aislante.

Ya sin aislante, el alambre se introduce dentro de uno de los orificios de un calibrador. Aquel en el que embona perfectamente indica el calibre del alambre.



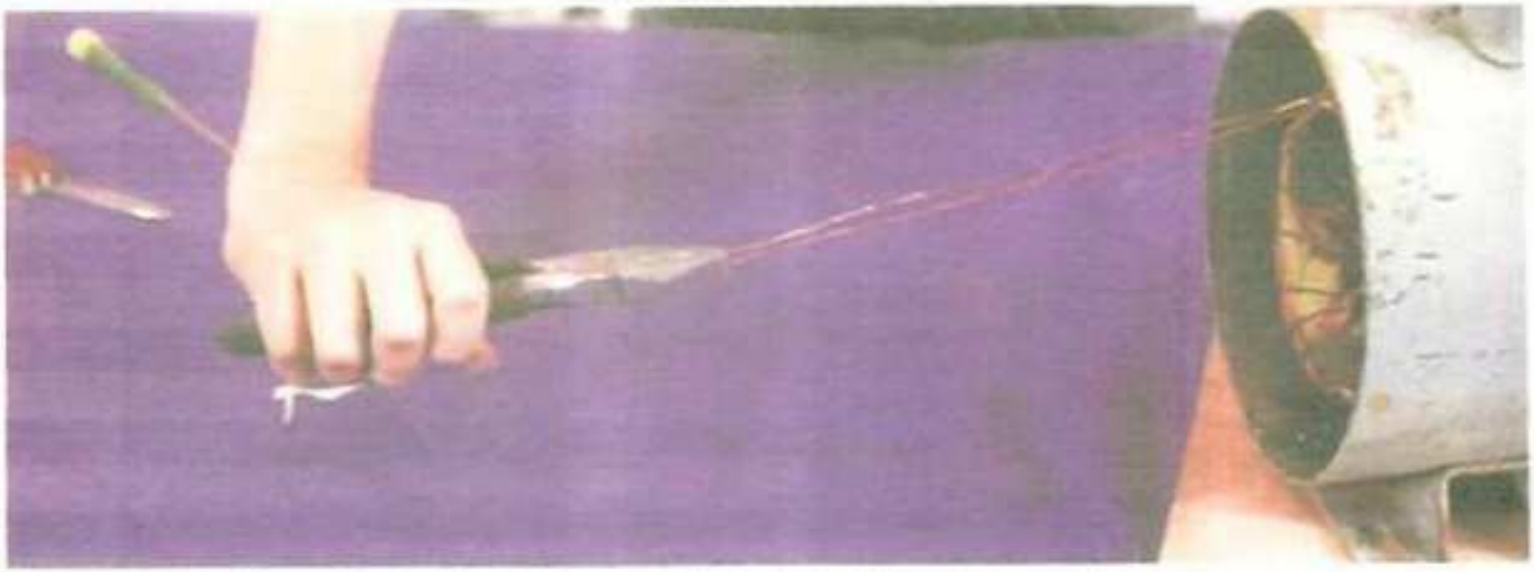
Se debe conocer el número de espiras o de vueltas de cada una de las bobinas de arranque y de trabajo. Para ello, se cortan una a una las bobinas.

Luego, se cuenta el número de alambres que contiene cada una.

Cuando solamente están dañadas las bobinas de arranque, es suficiente con anotar los datos de éstas.

SACADO DE LAS BOBINAS VIEJAS

Las bobinas se mantienen fijas dentro de las ranuras por la presión de unas cuñas de madera o de unos caballetes de papel, que se colocan en la parte superior de las ranuras o caballetes aislantes. Para quitar las bobinas es necesario sacar las cuñas. Cuando el motor tiene cuñas, se quitan con una segueta que se golpea desde arriba con un martillo, para que los dientes se entierren en ella y enseguida se golpea la segueta desde un lado, para que se deslice hacia afuera, junto con la cuña. Cuando el motor tiene caballetes, como en este caso, se toma uno de los alambres que se han cortado y se levanta a través de la ranura, para que el papel se rompa en un pequeño tramo.



Ya que se rompió una parte del caballete, por el otro lado del motor se meten unas pinzas, se toma el alambre levantado y se jala con fuerza hacia afuera, de modo que rasgue el caballete a todo lo largo y el alambre restante salga por la ranura.

De esta forma se terminan de sacar todos los alambres de la bobina.

Algunos bobinadores prefieren contar en ese momento el número de vueltas de cada bobina, porque es más fácil contar los cables ya sueltos.

De la misma manera se sacan los alambres de todas las demás bobinas.

Algunas veces es difícil sacar las bobinas sin ablandar antes el barniz aislante. Para ello, se coloca el motor unos 20 minutos bajo una lámpara infrarroja.

Finalmente, se sacan todas las bobinas. El alambre de cada una de ellas se pesa en una báscula, pues el alambre nuevo, del mismo calibre, se compra por kilo.

Al retirar todo el alambre, en las ranuras solamente quedan los aislamientos.

Cuando los aislamientos están carbonizados es muy fácil retirarlos, pero si el aislante está pegado a las ranuras, es necesario rasparlo con una navaja.

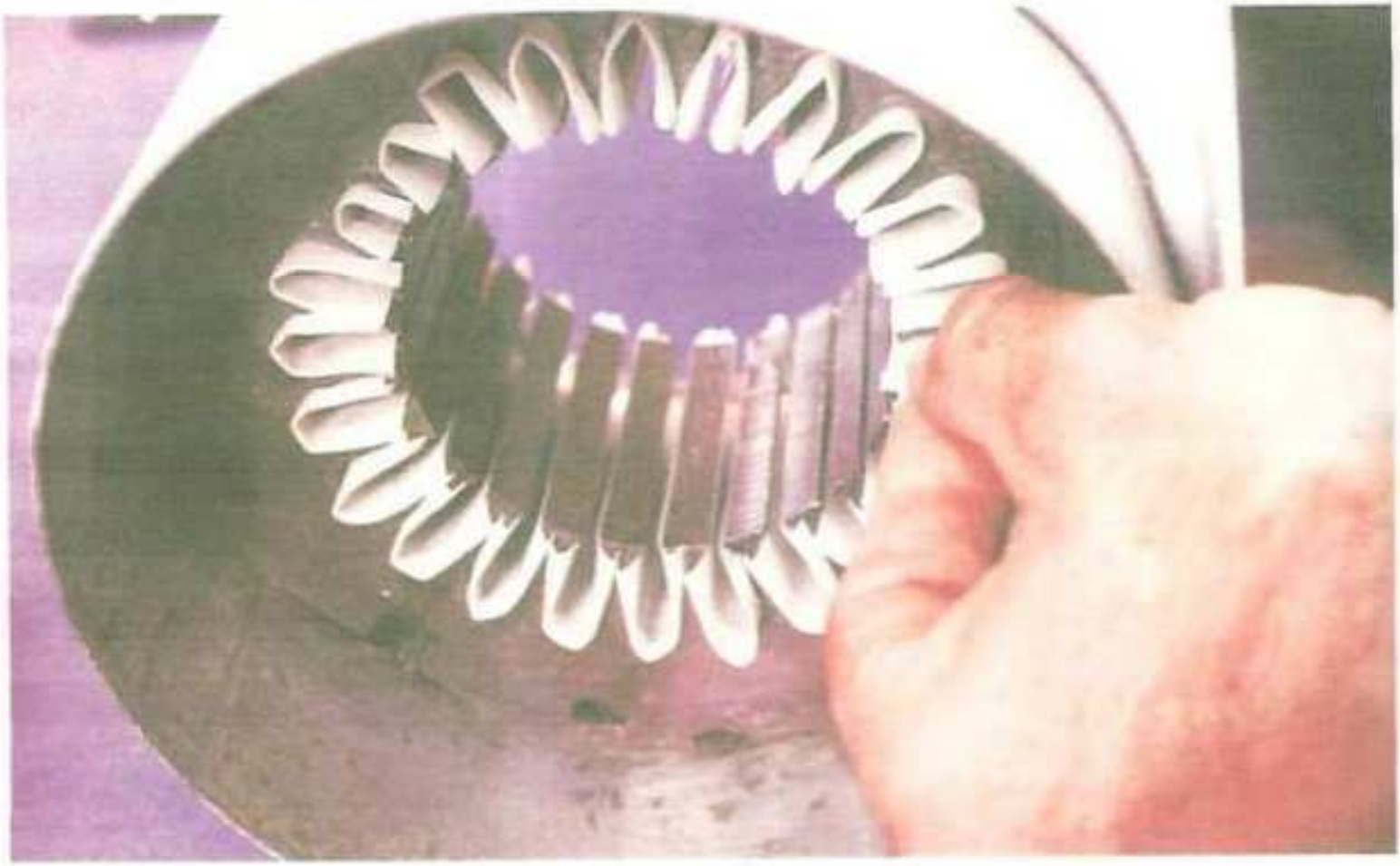
Enseguida los aislantes se jalan con unas pinzas.

Así se continúa hasta que se retiran todos los aislamientos y las ranuras quedan libres.

Se revisa que no hayan quedado pegados trozos de papel aislante.

Para terminar de quitar residuos del aislamiento y retirar el polvo y la suciedad, conviene arrojar sobre el estator un chorro de aire comprimido.

AISLAMIENTO DE LAS RANURAS

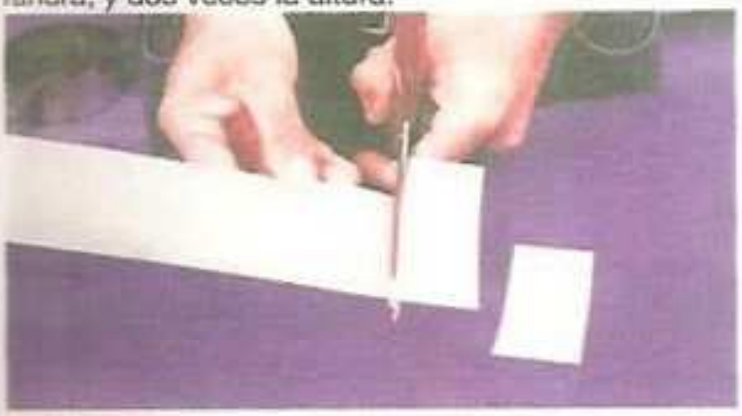


Una vez que el estator está completamente limpio y antes de colocar las bobinas nuevas, hay que poner aislamientos nuevos en las ranuras, para eliminar la posibilidad de que los alambres hagan contacto con el núcleo de hierro.

Los aislamientos se hacen con tela aceitada y papel aislante. Primero se mide la profundidad de las ranuras.

Enseguida, se mide el largo de las ranuras.

Luego se cortan trozos de aislante 2 cm más largos que la ranura, de un ancho igual a la base de la ranura, y dos veces la altura.



En los extremos se hacen unos dobleces para evitar que se deslicen.

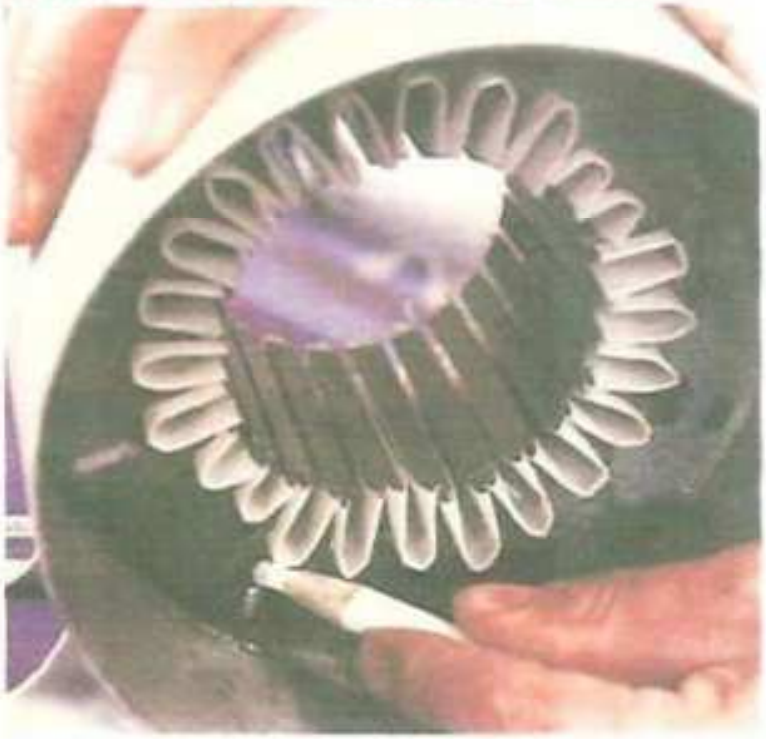
Después, los aislantes se doblan en U.

A continuación se meten en un extremo de la ranura.

Se desliza el aislante a través de la ranura, hasta que el doblés sale por el otro lado.

Así se continúa metiendo los aislantes.

EMBOBINADO A MANO
DEVANADO DE LAS BOBINAS DE TRABAJO



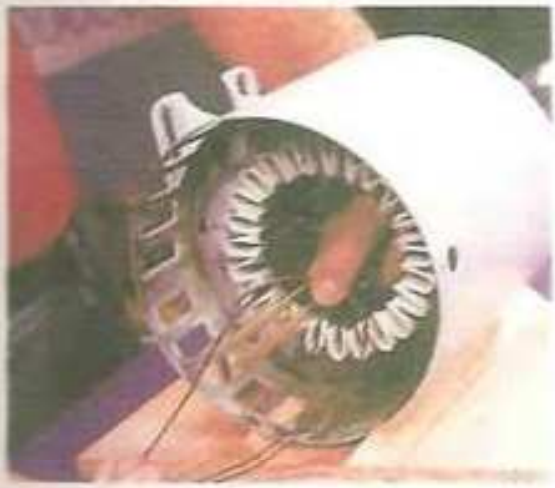
Los motores de condensador pueden rebobinarse preparando las bobinas de tres maneras distintas: a mano, con moldes o en madejas. Cada una de estas formas tiene sus ventajas. Primero se marcan con gis las ranuras donde se colocará la bobina más pequeña del primer polo de las bobinas de trabajo.

Antes de iniciar el devanado a mano se colocan unas tiras delgadas de madera, más largas que la bobina, dentro de las ranuras interiores del polo que quedan vacías.

El estator y el carrete de alambre se colocan cercanos, a una buena altura.

Enseguida se hace un bucle en el extremo del alambre.

El extremo del alambre se hace pasar por las dos ranuras y por debajo de los extremos de las tiras de madera.

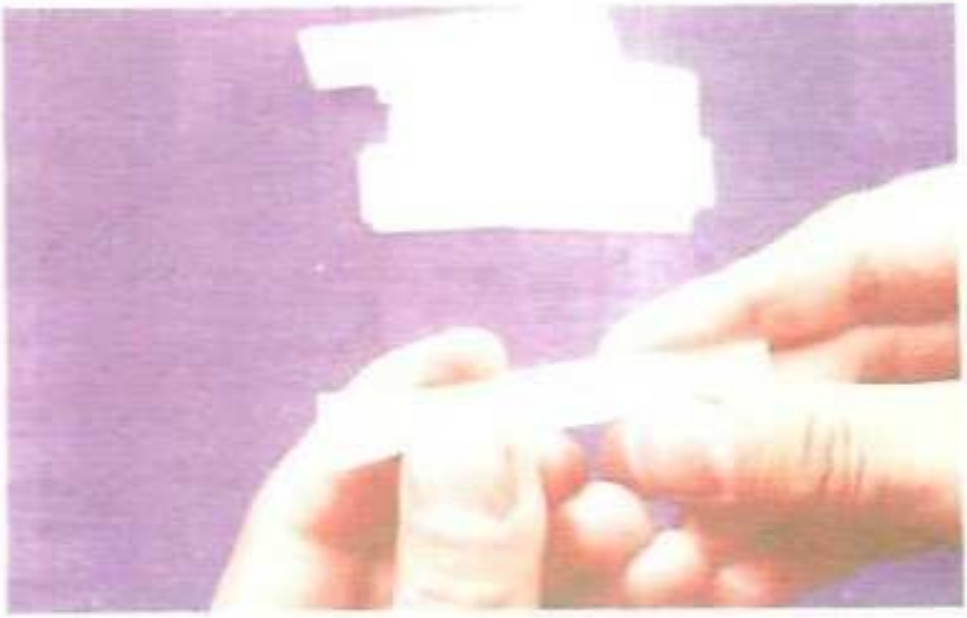


El bucle se mete por en medio del núcleo, para pasar al otro lado del motor.

A continuación, el bucle se aloja bajo las tiras de madera que forman el centro de la primera bobina de trabajo.

Luego, se jala el alambre desde el otro lado, para que quede ligeramente apretado, por abajo de las tiras de madera.

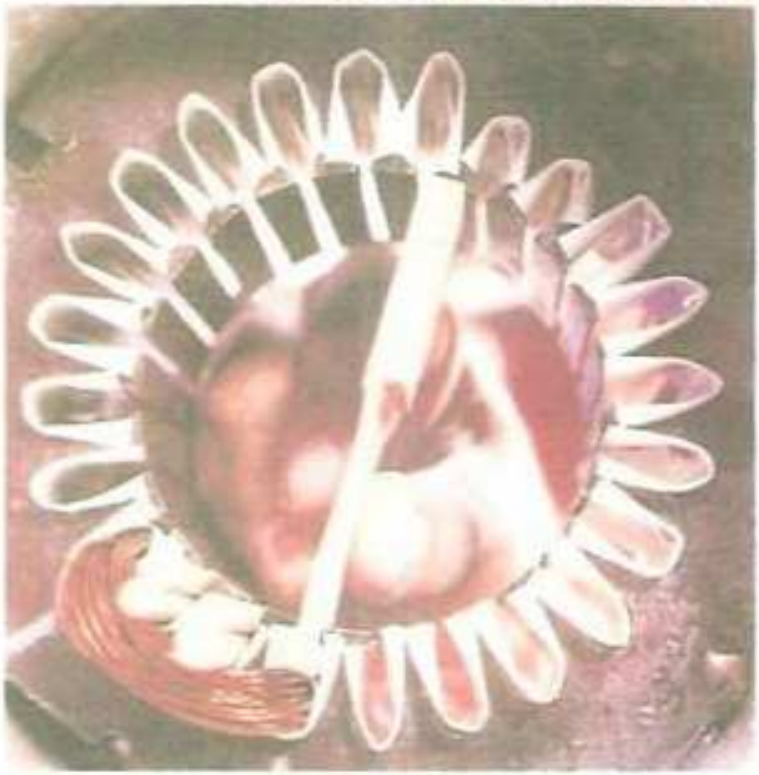
De ese modo se hace el devanado de la bobina interior, con el número de vueltas requeridas.



Enseguida, con papel aislante ligeramente más largo que las ranuras, se preparan una serie de caballetes, arqueando un poco el papel.

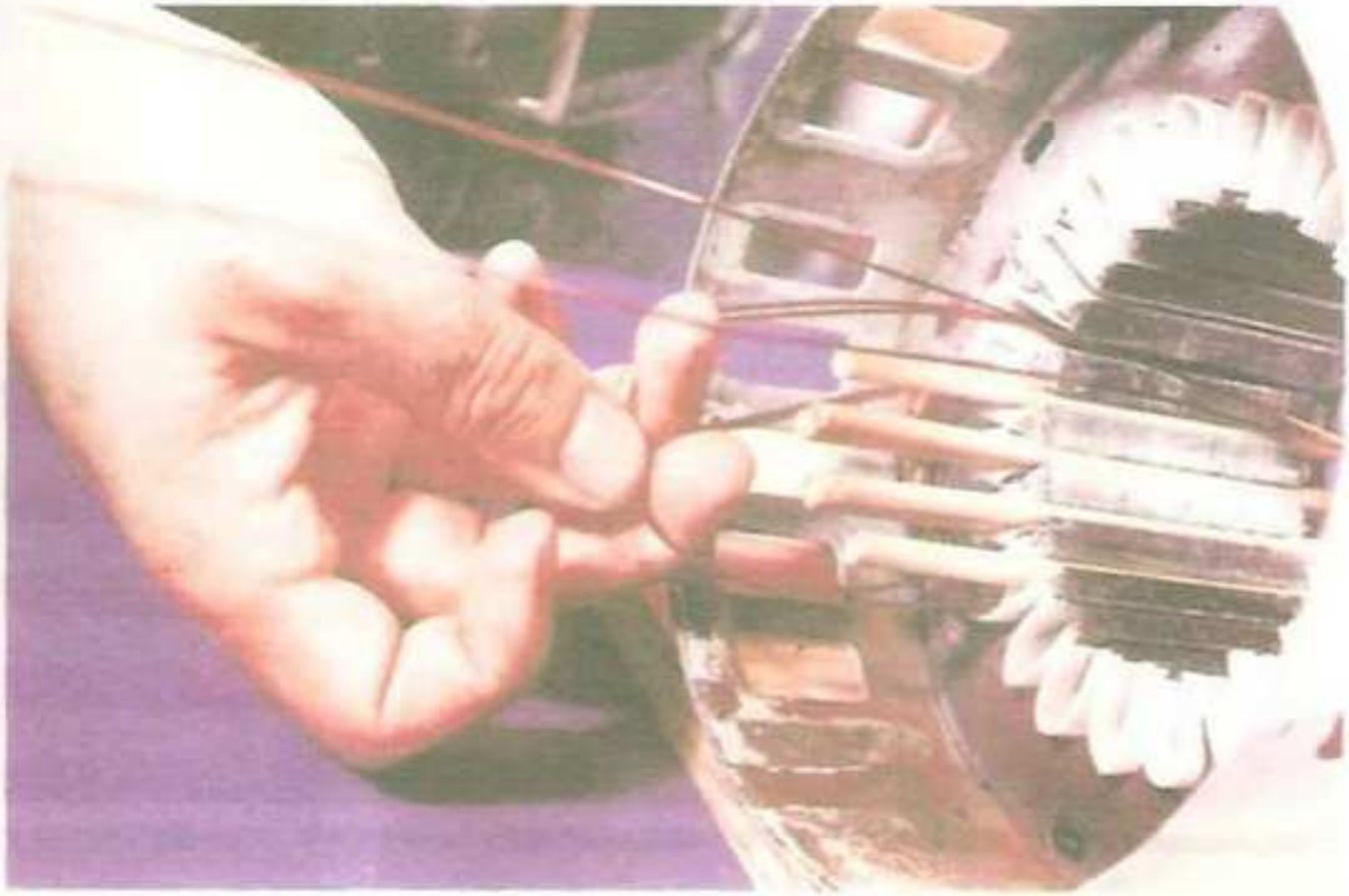
Los caballetes se meten en la parte superior de las ranuras embobinadas, deslizándolos para que actúen como separadores entre las bobinas de trabajo y las bobinas de arranque, que se colocarán después.

Para ayudar a que los caballetes embonen bien en las ranuras se utiliza un asentador hecho de madera dura.



Con el asentador se repasan los caballetes para que queden justos sobre las bobinas.

Enseguida, se agregan otras dos varillas para hacer la siguiente bobina del primer polo de trabajo.



Después, sin cortar el alambre se continúa devanando la bobina de en medio, dando vueltas en el mismo sentido que la bobina anterior.

Al terminar la siguiente bobina se ponen caballetes, que se asientan con el asentador.

Enseguida se agregan más varillas, que se meten encima de los caballetes, para devanar la siguiente bobina.

Si es necesario, con un trozo de madera se compactan las cabezas de las bobinas.

Así se continúa hasta realizar la tercera bobina del primer polo de trabajo.

De ese modo se terminan todas las bobinas de dicho polo.

DEVANADO DE LAS BOBINAS DE ARRANQUE

Una vez terminadas todas las bobinas de ese polo se corta el alambre para iniciar el devanado de las bobinas de otro polo.

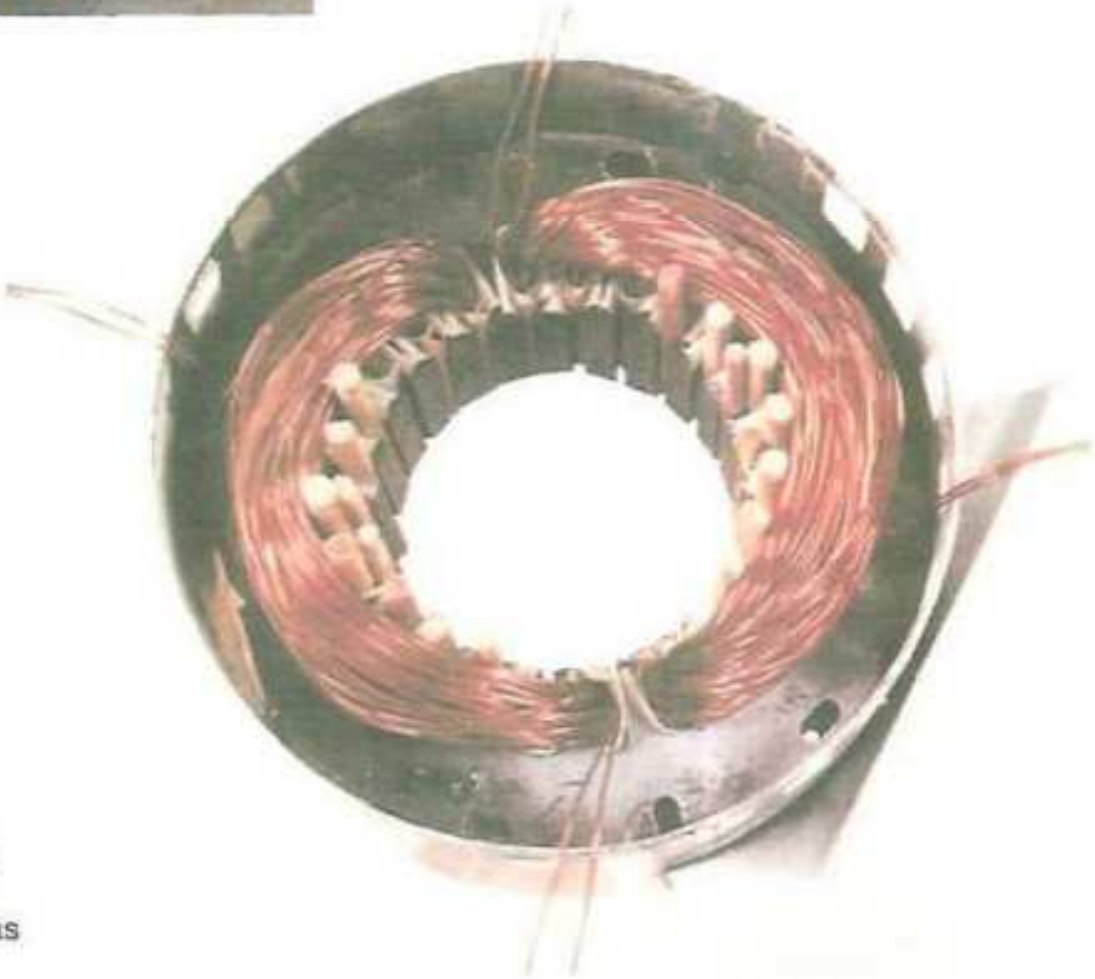
El siguiente polo se inicia de la misma manera, colocando unas varillas en las ranuras centrales.

A continuación se devana la primera bobina.

Al terminar, se colocan los caballetes de aislante.

Sobre los caballetes asentados se agregan varillas para devanar la siguiente bobina.

Conforme se va terminando cada una de las bobinas, se agregan más varillas para devanar las siguientes.



Así se continúa hasta terminar todas las bobinas de trabajo.

Las bobinas de arranque se devanan encima de las de trabajo.

Las bobinas de arranque se forman tomando como centro el punto de separación de dos bobinas de trabajo contiguas.

Para facilitar el acomodo de los alambres de cada bobina dentro de las ranuras se utiliza otro tipo de asentador, también de madera dura.

DEVANADO DE LAS BOBINAS DE ARRANQUE

Con el asentador de madera se van comprimiendo los hilos dentro de las ranuras.

Con un trozo de madera se presionan las cabezas de las bobinas de arranque con el fin de que no sobresalgan en exceso.

Conforme se va terminando de meter las bobinas en las ranuras, se van colocando unos caballetes de aislante.

De ese modo cada bobina queda aislada tanto por abajo como por arriba.

Finalmente, se termina de meter en las ranuras todas las bobinas.

Enseguida, entre las cabezas de las bobinas de arranque y las de trabajo se coloca una tela aislante de fibra de vidrio.

Las partes salientes de la tela de fibra de vidrio se recortan con unas tijeras.

A continuación se presionan las cabezas de las bobinas con un trozo de madera para que no rocen con la carcaza ni sobresalgan del núcleo más de lo necesario.

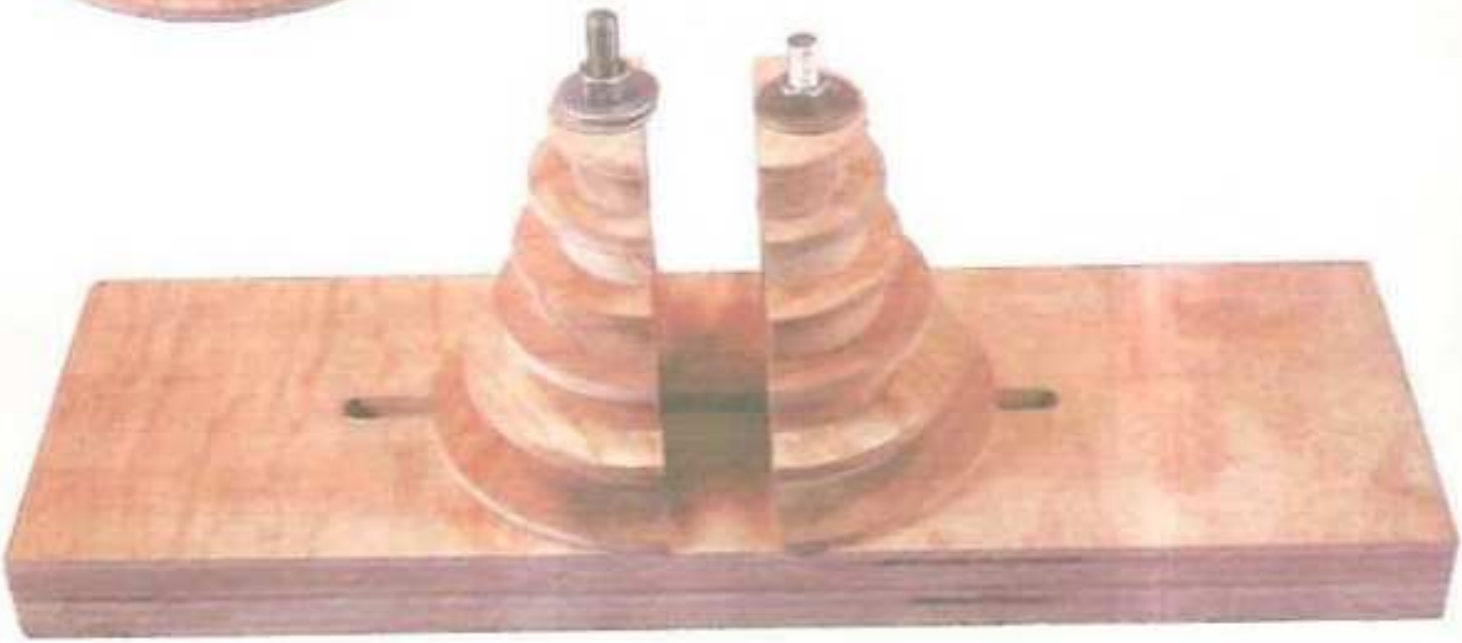
MOLDES DE MADERA

En el embobinado con molde, las bobinas se devanan sobre una horma o plantilla de madera o de metal y luego se introducen en las ranuras del estator. El molde puede ser hecho a mano o comprado de fábrica. Los hechos a mano pueden ser de madera o metal y ambos se hacen de manera semejante.

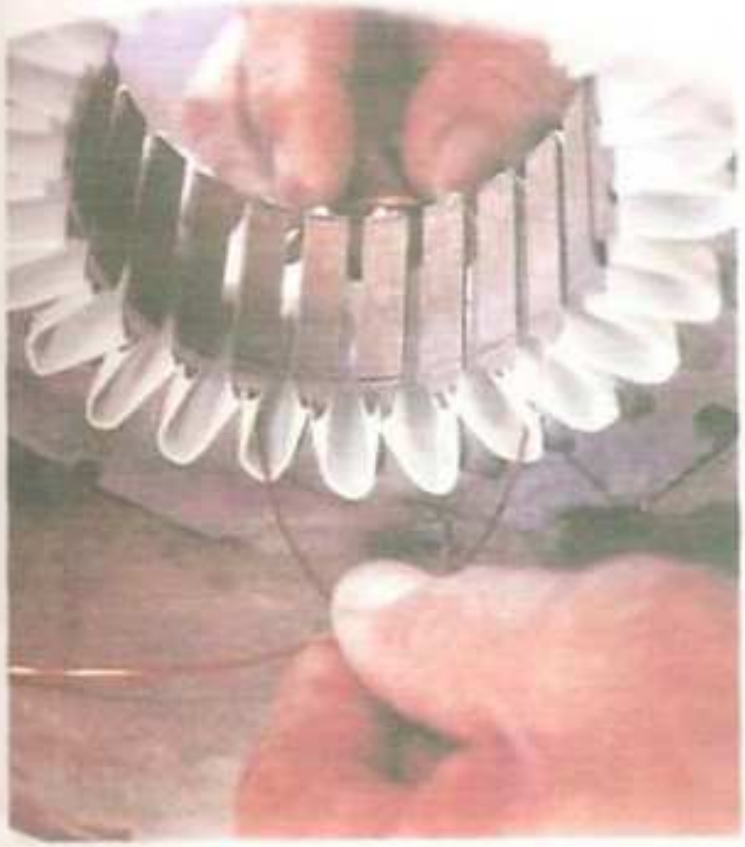
Para hacer un molde de madera se cortan varios círculos de tamaño creciente, unos en una tabla gruesa y otros en una tabla delgada.

Los círculos se ponen unos sobre otros, se pegan y enseguida se cortan por la mitad. Al centro de cada mitad se hace una perforación para recibir un tornillo.

Para fijar ambos moldes se necesita una tabla con una ranura en el centro por la que quepa el tornillo.



Finalmente, todas las piezas se unen con los tornillos.



MOLDES DE MADERA

Para hacer las bobinas primero se determina su tamaño. Para ello generalmente se usa una de las bobinas viejas. Otra manera es colocando un alambre grueso, al que se da la forma de la bobina interior, colocándolo dentro de las ranuras correspondientes.

Luego, la abertura del molde se ajusta al tamaño de la bobina.

MOLDES DE METAL

Los moldes concéntricos de cabezas ajustables eliminan la necesidad de construir nuevos moldes para cada motor diferente.

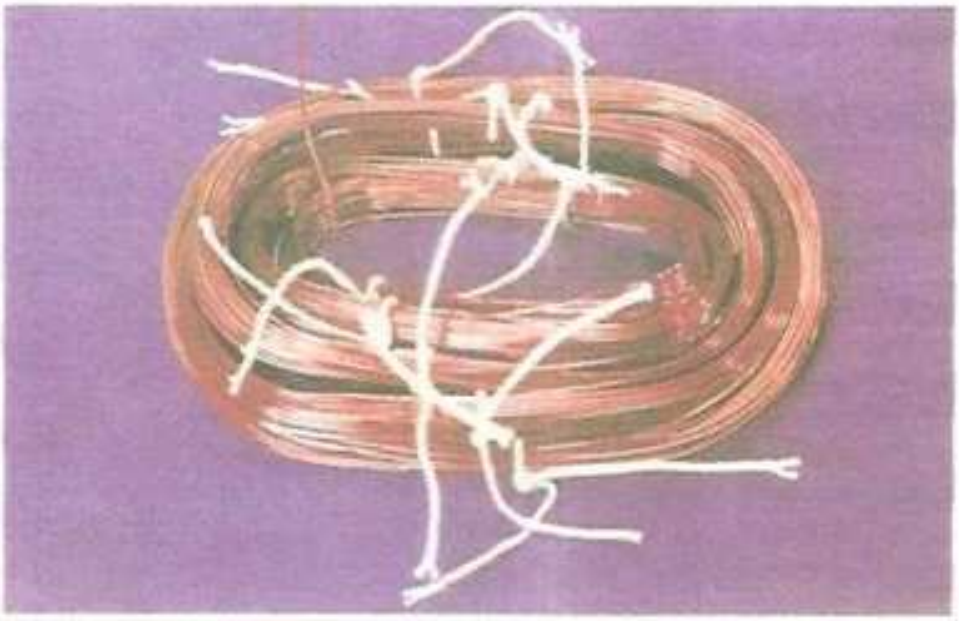
Las bobinas se van devanando, con las vueltas necesarias, sobre las hormas de madera, empezando siempre por la más pequeña.

Cada bobina se devana con el número correspondiente de vueltas, según la bobina original del motor.

MOLDES DE METAL

En un solo molde se devanan todas las bobinas de un polo.

Ya devanadas, las bobinas se anudan en varios puntos para que al sacarlas no se deshagan.



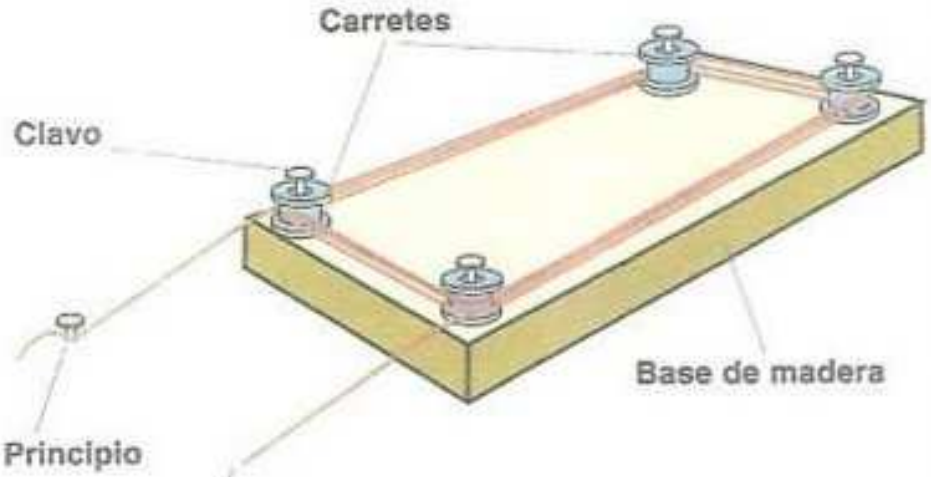
Las bobinas de un polo se sacan del molde y gracias a los cordeles anudados, las madejas no se enredan.

Enseguida, las bobinas se meten en las ranuras del estator, apretándolas hacia el fondo con la ayuda de un asentador.

Luego de introducir un lado de la bobina en su ranura respectiva, se mete el otro lado, comenzando siempre con la bobina más pequeña. Inmediatamente después se pone el caballete de aislamiento.

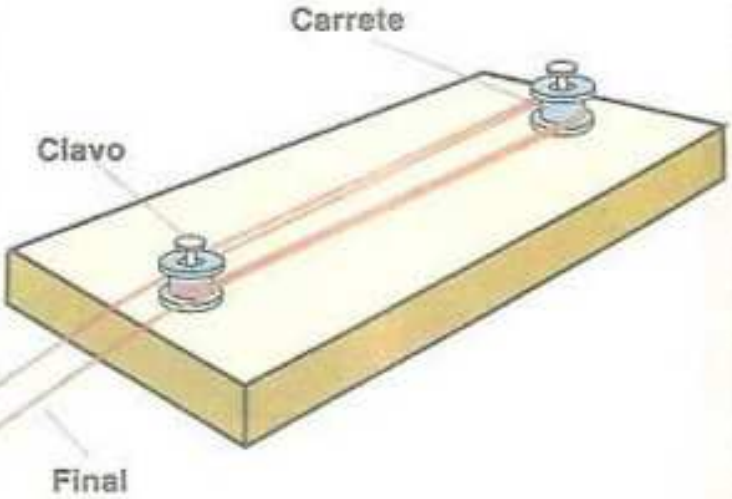
De ese modo se embobina el primer polo de trabajo, para continuar con los demás, de la misma manera que se expuso para las bobinas embobinadas a mano. Al final se hacen los amarres correspondientes.

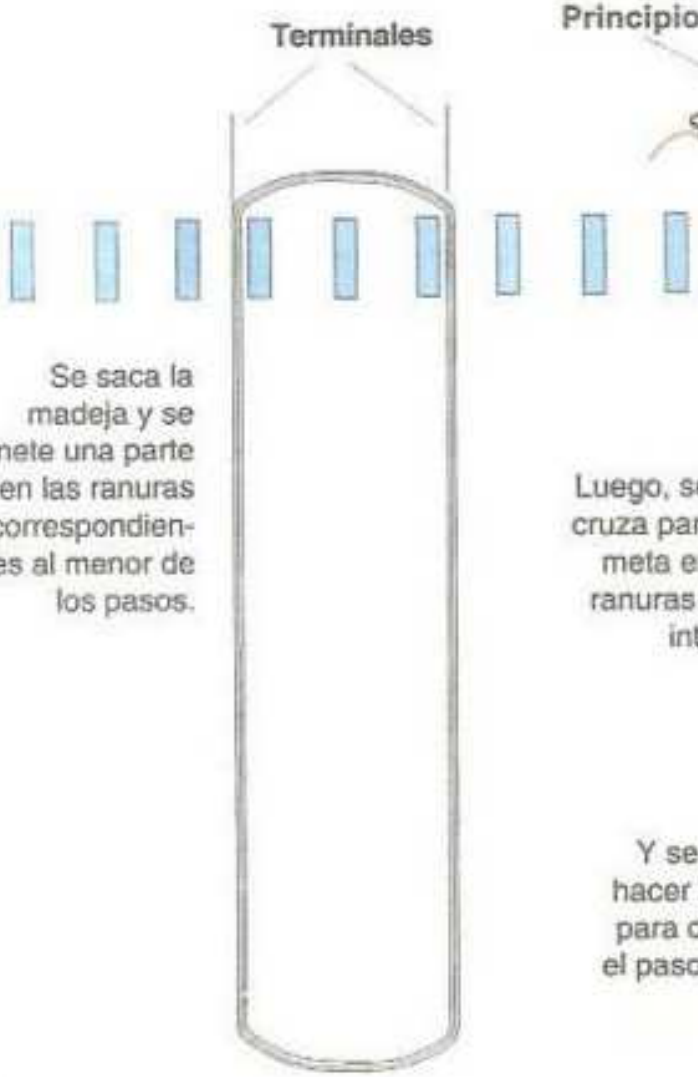
MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES



El sistema de embobinado en madejas se utiliza principalmente para hacer las bobinas de arranque. Consiste en hacer una sola madeja o bobina grande, que se tuerce para formar las tres bobinas de un polo. El tamaño de la madeja se determina con la madeja original o simulando la bobina de un núcleo con un alambre grueso continuo. Para devanar una madeja se usa una horma de cuatro carretes sobre una base de madera. La forma exacta de la horma importa poco; lo que es importante es que el perímetro sea siempre el mismo.

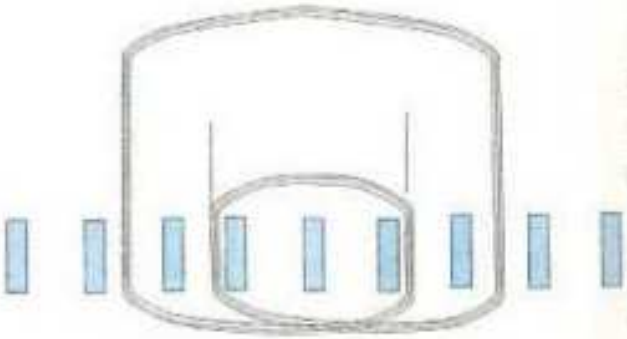
También se puede usar una horma oblonga con un par de carretes o un molde de cabezales ajustables. Antes de quitar la madeja de la horma se ata con un cordel en varios puntos, para que no se desbarate al manejarla.



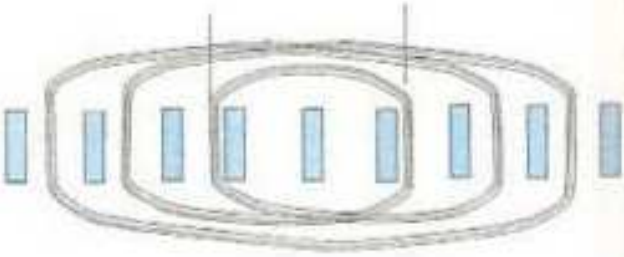


Se saca la madeja y se mete una parte en las ranuras correspondientes al menor de los pasos.

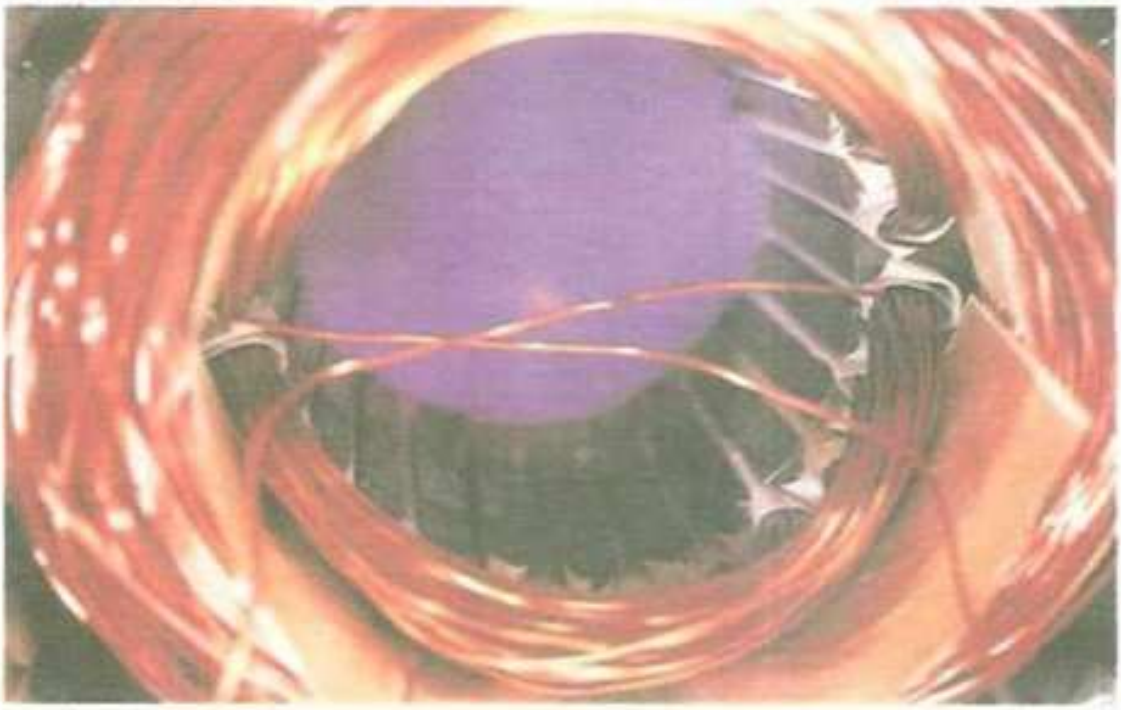
Luego, se dobla y cruza para que se meta en las dos ranuras del paso intermedio.

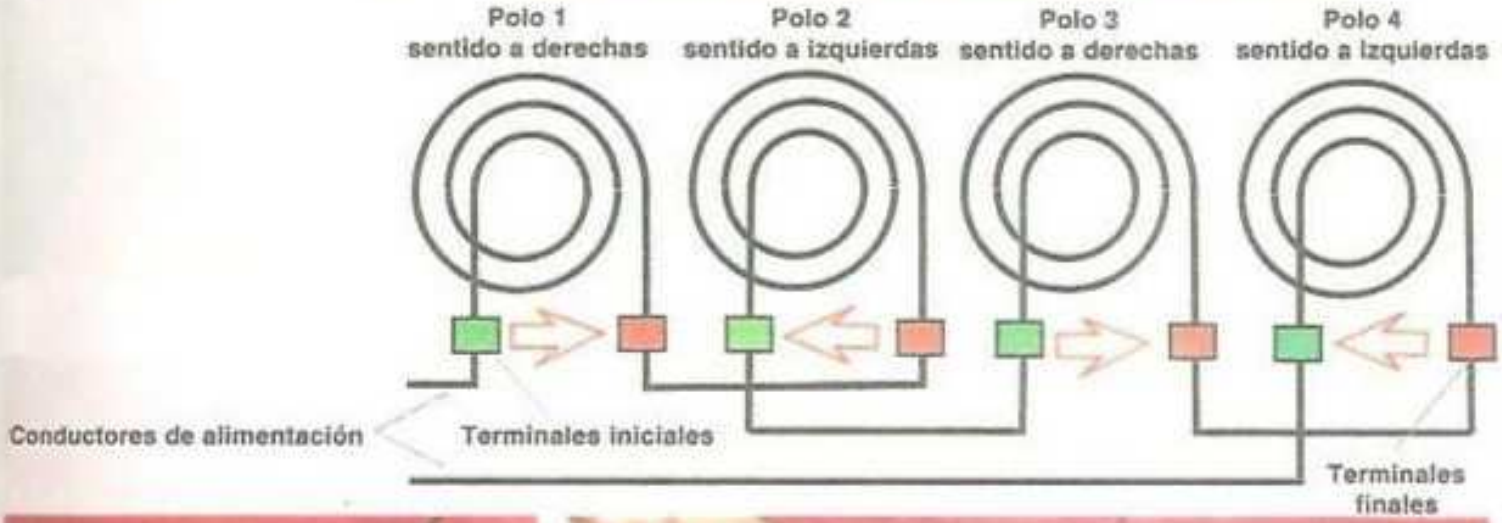


Y se vuelve a hacer lo mismo para completar el paso exterior.



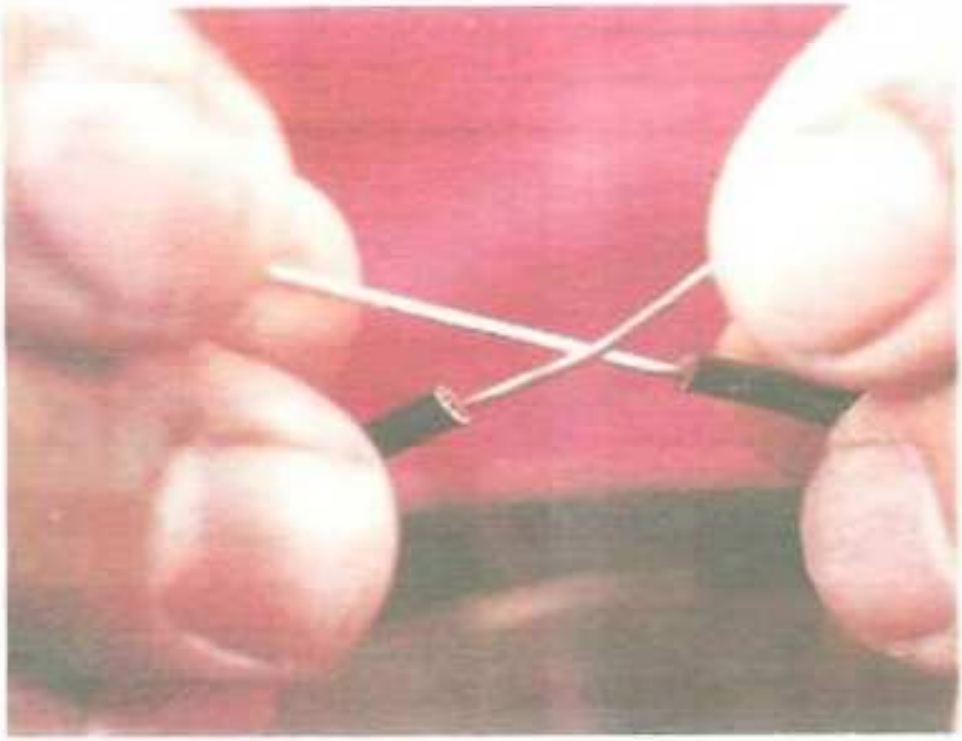
A continuación, las terminales de los polos de las bobinas de arranque se conectan en serie, uniendo la terminal final del polo uno con la terminal final del polo dos. Después, se atan las terminales iniciales del polo dos y del polo tres. Por último, se unen la terminal final del polo tres y la terminal final del polo cuatro.





Para unir el alambre magneto, en vez de cinta de aislar se usan unos manguitos de plástico o de fibra de vidrio, llamados *espaguetis*, que se introducen en las terminales antes de hacer la unión y después se deslizan sobre ellas. Se usa un *espagueti* delgado para cada uno de los dos alambres magnetos que se van a unir y otro *espagueti* más amplio que cubre la unión de ambos alambres.

Luego, las terminales se empalman quitando unos 4 cm de aislante en las puntas.

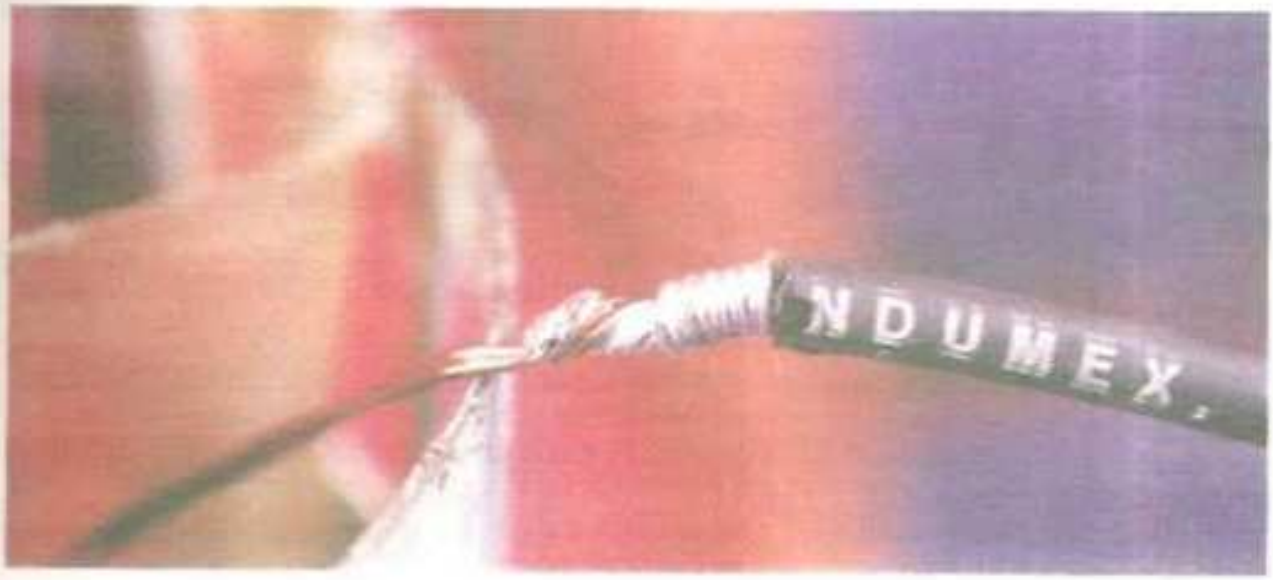


Así se pueden unir y retorcer los alambres desnudos uno sobre otro.

Cada conexión debe soldarse. Para ello caliente el cautín y cubra la superficie del conductor con resina o pasta. Funda la soldadura de estaño sobre el conductor manteniendo la punta del cautín en contacto con la unión.

Luego se recorre el *espagueti* grande sobre la zona de la soldadura, para cubrirla.

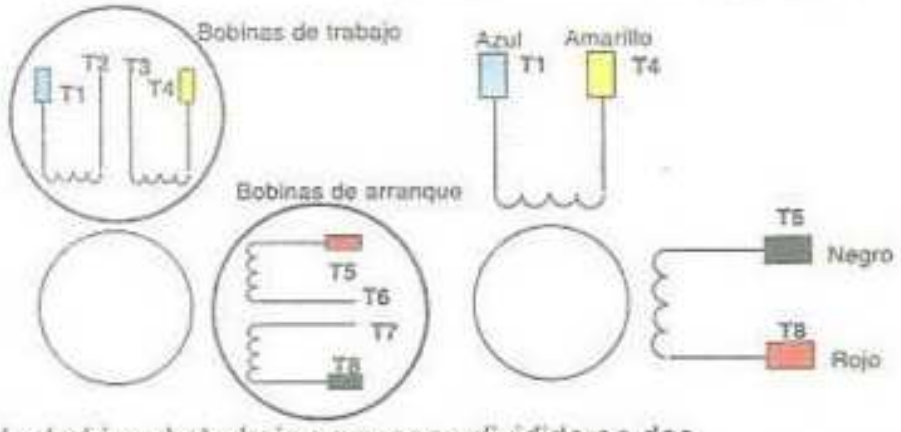
Después, la conexión se dobla sobre las cabezas del embobinado para que no roce con el rotor.



Por último, los cables de corriente de la red se conectan con cable flexible a la terminal inicial del polo uno y del polo cuatro, tanto en las bobinas de arranque como en las de trabajo.

T5= negro
T1= azul
T2= blanco
T4= amarillo
T3= naranja
T8= rojo

Es costumbre designar las terminales con una letra y un subíndice y un cable de diferente color. Así, las terminales de corriente de las bobinas de trabajo se designan como T1, T2, T3 y T4, con cables azul, blanco, naranja y amarillo, respectivamente, en tanto que las terminales de las bobinas de arranque se designan con las letras T5 y T8, con los colores negro y rojo.



Los colores de las terminales son como sigue:

- T1= azul
- T2= blanco
- T3= naranja
- T4= amarillo
- T5= negro
- T8= rojo

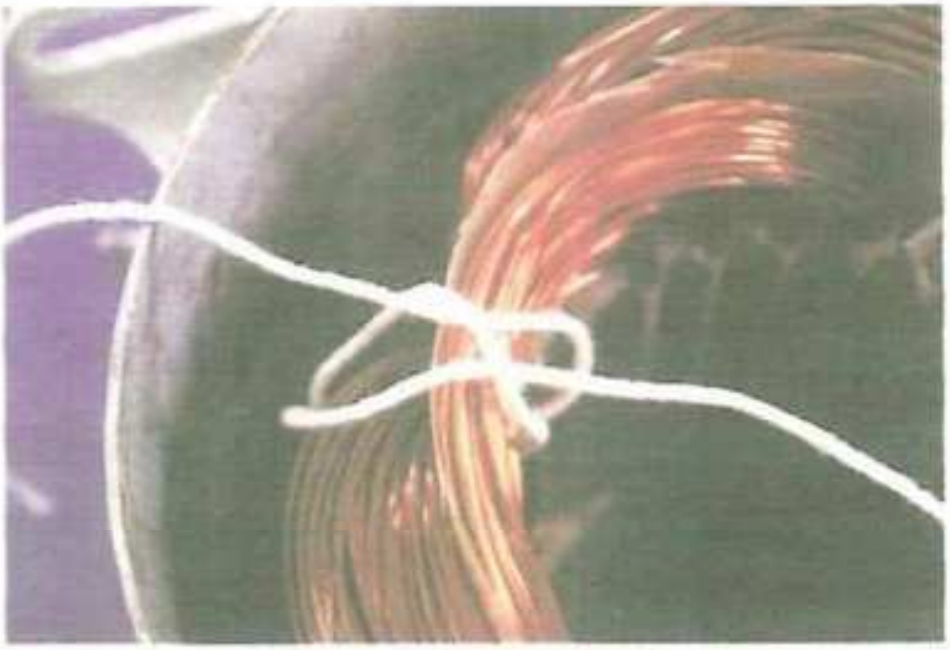
La bobina de trabajo se supone dividida en dos mitades. Las terminales de la primera se conocen como T1 y T2, mientras que las de la segunda se designan como T3 y T4. Las bobinas de arranque también se consideran divididas en dos mitades. Las terminales de la primera se conocen como T5 y T6, en tanto que las de la segunda se llaman T7 y T8.

En un motor monofásico de una sola tensión, las terminales de la bobina principal se designan como T1 y T4, en tanto que las de la bobina de arranque se conocen como T5 y T8.

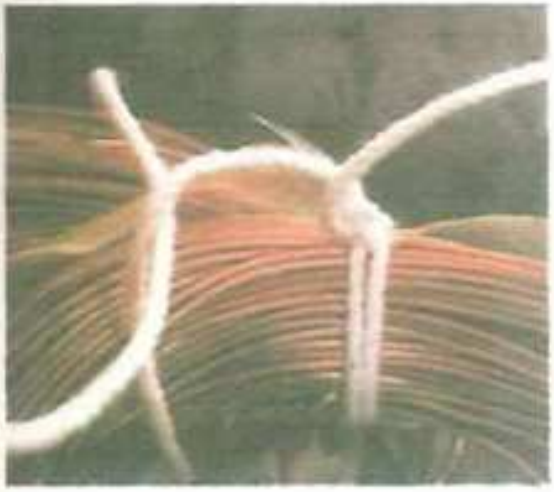
Las terminales soldadas se cubren con *espagueti*.

Finalmente se procede a amarrar las cabezas con un cordel, a fin de que todo quede como una masa compacta. Para ello, con un trozo de alambre grueso se prepara una especie de aguja.

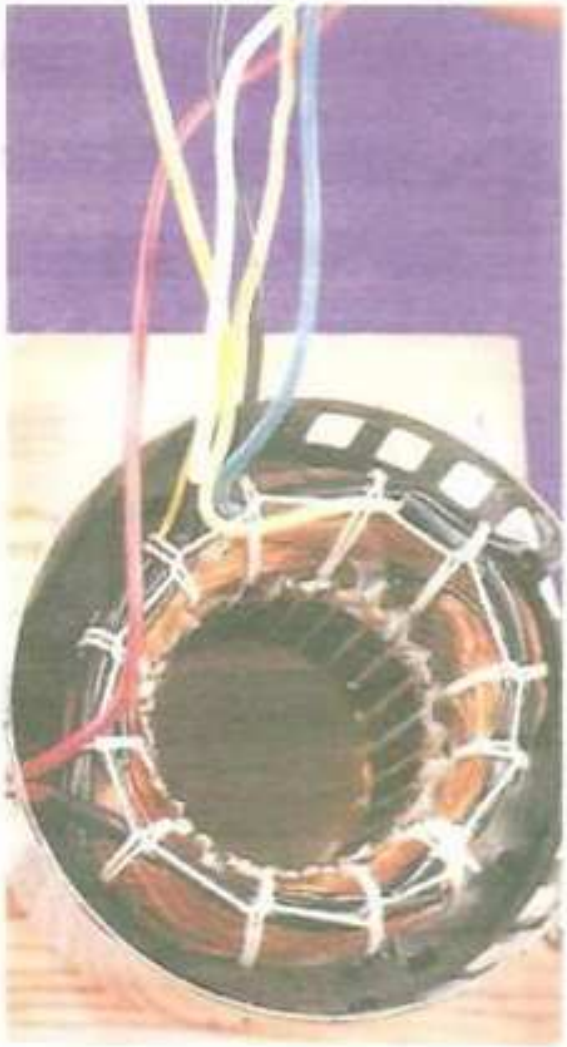
El cordel se mete por el ojo de la aguja. Luego la aguja se pasa por abajo de las bobinas.



Una vez que la hebra sale por el otro lado se hace un nudo llamado *de cochino*.



Se vuelve a pasar otra lazada para hacer un amarre *de caballo*, que se continúa a todo el derredor de las cabezas.



Ya con las conexiones hechas y las cabezas de las bobinas amarradas, se procede a hacer las conexiones a la placa de bornes y al condensador.

Antes conviene verificar que el rotor entre perfectamente y que gire libremente, sin rozar con ningún cable ni bobina.

Un asa del cable rojo de la bobina de arranque se lleva hasta el lugar del condensador y se corta.

Se pelan ambas puntas.

Y en cada punta se coloca un conector.

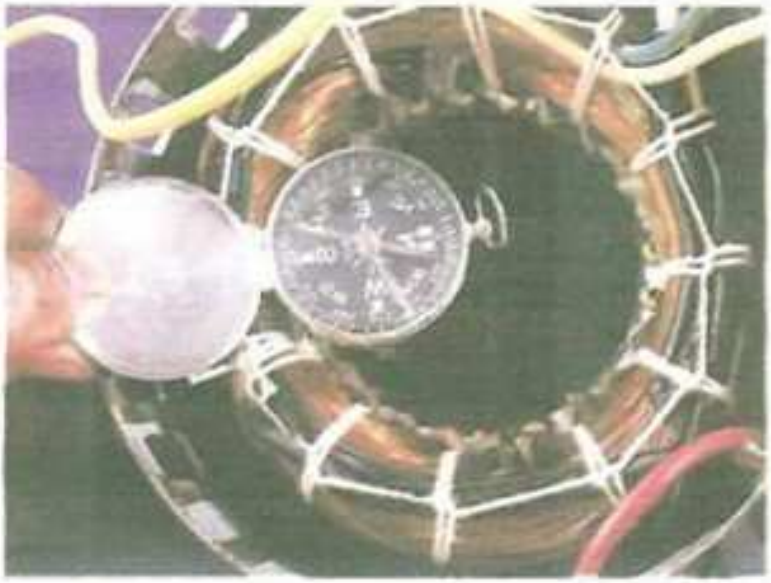
Los conectores del cable rojo se embonan a las dos terminales de la bobina.

Para que las conexiones de la bobina no tengan el riesgo de hacer tierra, en un extremo de la cubierta se coloca una hoja de papel aislante.

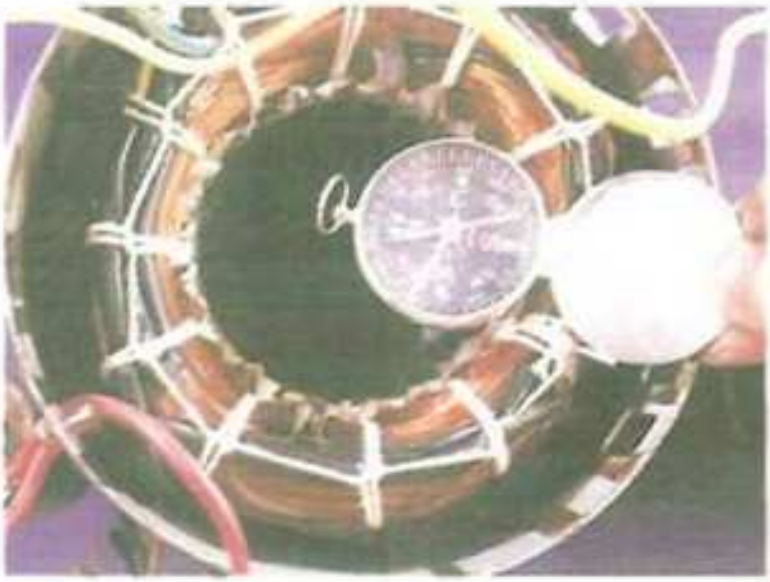
Enseguida se atornilla la cubierta del condensador.

Finalmente, el cable rojo que viene del condensador se conecta a una de las entradas de corriente de la placa de bornes. En el caso de las bobinas de arranque hay que hacer la conexión con el interruptor centrífugo, ya sea entre la red y la terminal inicial del polo cuatro o entre las terminales iniciales de los polos dos y tres, según hayan estado originalmente. En el caso de las bobinas de trabajo se debe hacer la conexión con el interruptor térmico, si es que lo hay, generalmente entre el cable a la red y la terminal final del polo uno.

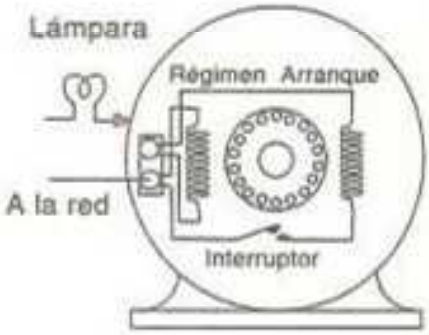
Enseguida, antes de hacer el secado y la impregnación del nuevo embobinado, se hacen pruebas de tierra, de continuidad, de cortocircuito y de polaridad, para detectar fallas. Para probar si las bobinas tienen la polaridad correcta, se conecta el motor a una batería o pila eléctrica y se pasa una brújula sobre cada uno de los polos, en el interior del estator.



Si las conexiones están bien hechas, la aguja de la brújula se desviará en sentidos opuestos cada vez que se cambie de polo.



Si hay un defecto es necesario reconectar correctamente las bobinas.

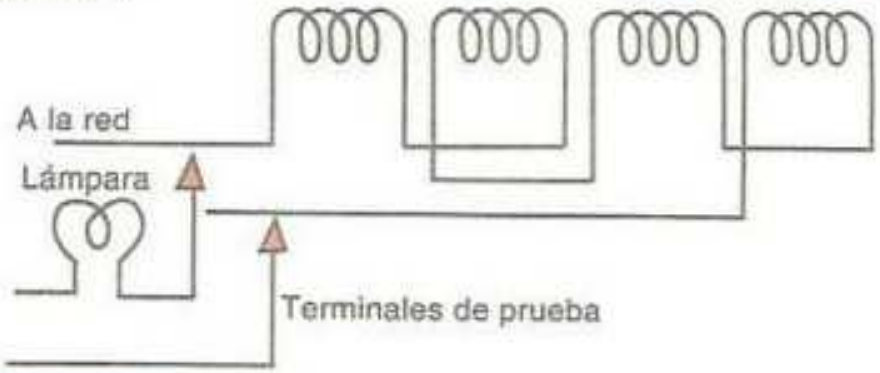


Para probar si las bobinas están bien aisladas y no hacen tierra con el estator o la carcaza, se usa la lámpara de prueba. Ésta se conecta a la corriente y una de sus puntas de prueba se une a la entrada de corriente de las bobinas, mientras que con la otra se toca el núcleo o la carcaza.

Si el aislamiento de las bobinas es correcto y no hacen tierra, la lámpara no deberá encenderse. Si se enciende indica que, en algún punto, las bobinas han perdido su aislamiento y sus cables están en contacto directo con el metal del estator o de la carcaza. Hay que corregir el defecto.

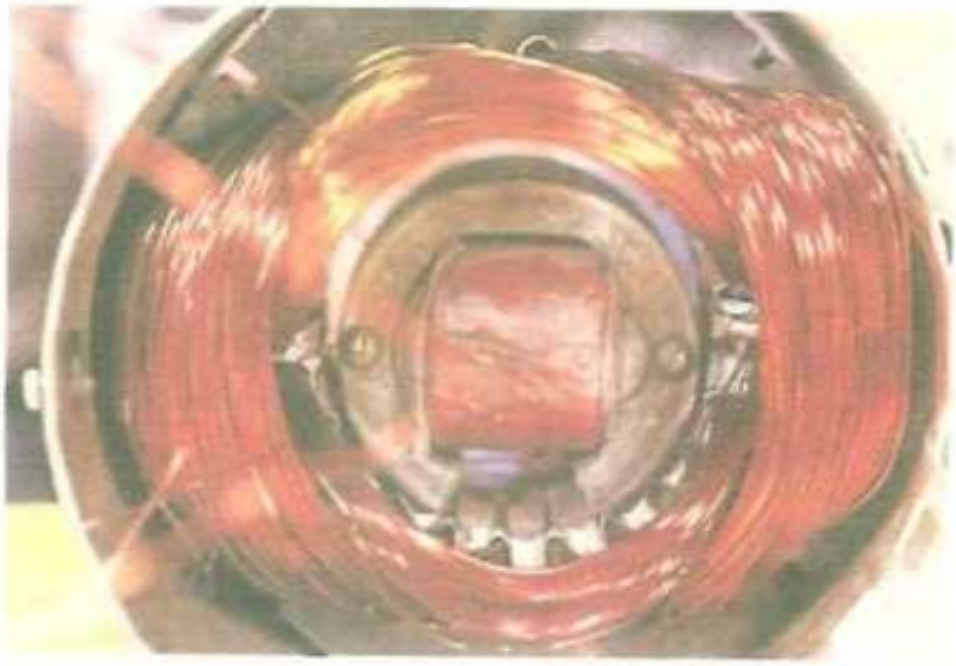
MOTORES DE CONDENSADOR

Para saber si hay continuidad y no existe ninguna interrupción en los alambres, las terminales de la lámpara de prueba se conectan a la entrada y salida de corriente de las bobinas de trabajo.



Si la lámpara se enciende es que no hay interrupción. Enseguida se hace la misma prueba con las bobinas de arranque.

Se puede producir un cortocircuito entre los alambres de las bobinas al golpear o forzar su entrada en las ranuras, con lo que el aislamiento entre un alambre y otro se puede perder. El cortocircuito en las bobinas se descubre con una bobina de prueba o grauler. La bobina de prueba se coloca sobre el núcleo del estator y se va desplazando, ranura por ranura. Si hay una bobina con alambres en cortocircuito comenzará a vibrar una segueta colocada en el otro extremo de la bobina. Hay que sustituir las bobinas defectuosas.



Ya que se han hecho todas las pruebas, se aplica el barniz con una brocha o se escurre sobre las bobinas con un recipiente pequeño. Generalmente hay que dar dos manos. Siga las instrucciones del fabricante del barniz.

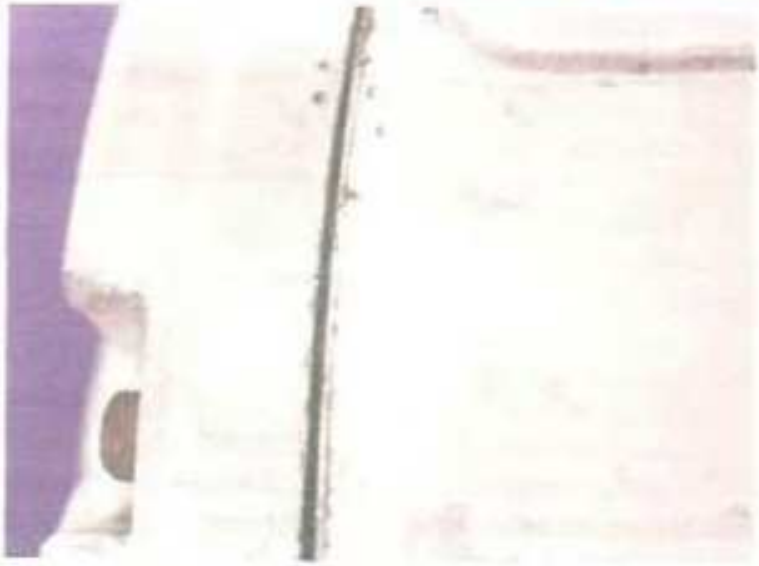
Una vez impregnado el barniz, el estator se deja secar durante unas horas, según las instrucciones de los fabricantes del barniz.

Ya que el barniz está seco se raspa el interior del núcleo para quitar el barniz que tenga pegado y que pueda hacer difícil que gire el rotor.

La impregnación del barniz y el secado hacen que las bobinas queden como una masa compacta, sin posibilidad de movimiento, resistentes a la vibración y a la humedad.

MOTORES DE CONDENSADOR

Para armar el motor ya rebobinado, levante el rotor con ambas manos y métalo en la carcaza, sin rozar el bobinado.



Tome una tapa, verifique las marcas que hizo en su borde y compárelas con las de la carcaza, para que la ponga en el lado y posición correctos.

Monte una tapa.

Monte la otra tapa. Si es necesario, golpee un poco con el mazo.

Coloque los tornillos de la tapa, atornillando poco a poco, alternadamente. No apriete por completo. Con la mano verifique que el eje gire suavemente. Apriete con firmeza los tornillos de las tapas. Coloque la cuña del eje. Limpie el interior de la polea y colóquela en el eje, verificando que las marcas estén del mismo lado que cuando desarmó el motor. Golpee con el mazo, si es necesario, hasta dejarla en su posición original.

EL MOTOR NO CAMINA

Los principales problemas de un motor de condensador se clasifican en cuatro grupos: que el motor no se ponga en marcha; que el motor gire a una velocidad inferior a la normal; que el motor se caliente en exceso, y que el motor funcione ruidosamente.

Si el motor no camina puede ser por nueve causas principales:

1. Condensador defectuoso
2. Interrupción en las bobinas
3. Contacto a tierra
4. Bobina quemada o en cortocircuito
5. Protector térmico con los circuitos abiertos
6. Sobrecarga excesiva
7. Baleros desgastados y atorados
8. Tapas montadas en forma incorrecta
9. Eje del rotor torcido

CONDENSADOR DEFECTUOSO

Los procesos para diagnosticar y reparar fallas en el condensador se han descrito anteriormente en las páginas 41 y 42.

INTERRUPCIÓN EN LAS BOBINAS

Las interrupciones más frecuentes son por el mal estado de las uniones que llevan la corriente a las bobinas y al interruptor centrífugo, que pueden estar flojas o sucias. Hay que revisarlas y repararlas, en su caso, limpiando y uniéndolas bien.

También puede darse una interrupción por la rotura de uno de los alambres de la bobina de trabajo o de arranque. Para saber si hay una interrupción en la bobina de trabajo, simplemente se usa la lámpara de prueba, conectada, por un lado, a la corriente y, por el otro, una punta a la entrada de corriente de una bobina y otra a la salida de corriente de la misma bobina. Si la lámpara se enciende es que no hay interrupción. Si se mantiene apagada es que hay un cable roto.

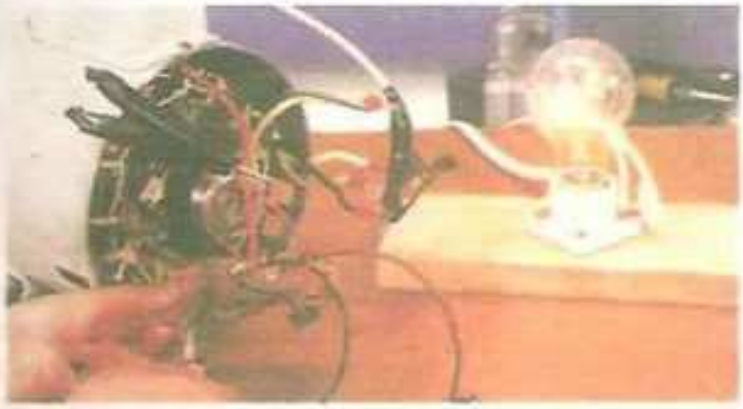
Enseguida, hay que buscar el polo defectuoso tocando con la lámpara de prueba las terminales de cada polo. Si la lámpara no se enciende, el defecto se encuentra en ese polo. Es un poco más difícil encontrar un defecto en las bobinas de arranque, porque el circuito incluye el interruptor centrífugo.

MOTORES DE CONDENSADOR

EL MOTOR NO CAMINA

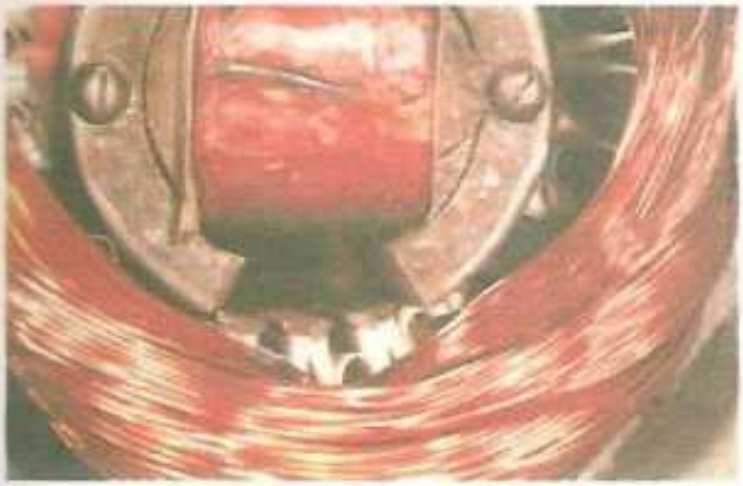
INTERRUPCION EN LAS BOBINAS

Una falla en el interruptor es muy frecuente porque sus contactos se van desgastando o ensuciando con el tiempo y hacen una unión imperfecta, o bien hay una presión insuficiente entre las partes fija y giratoria y el circuito no se cierra. Para descubrir si la falla es en la bobina basta con colocar directamente las puntas de prueba de la lámpara en las terminales de la bobina de arranque, sin pasar por el interruptor centrífugo. Si la lámpara no se enciende está mal la bobina.



Si se enciende, es probable que la falla esté en el interruptor centrífugo. Coloque las puntas de prueba en la entrada al circuito de arranque y presione los contactos del interruptor para que se unan. Si la lámpara se enciende es que hay una falla en él.

BOBINA QUEMADA O EN CORTOCIRCUITO



La bobina quemada se conoce generalmente porque se ve a simple vista lo quemado o porque sale humo al conectar el motor. El cortocircuito se descubre con el probador de estator o grauler, en la manera descrita en la página 89.

CONTACTO A TIERRA

El contacto a tierra se determina con la lámpara de prueba colocándola en la forma que se explica en la página 40.

PROTECTOR TÉRMICO ABIERTO

En algunos casos basta con presionar los contactos del protector para que éste vuelva a funcionar. En caso contrario hay necesidad de sustituirlo por uno nuevo.

SOBRECARGA EXCESIVA

Cuando hay una sobrecarga excesiva y el motor no tiene protector, se calienta en demasía. La sobrecarga se advierte colocando un amperímetro en el circuito. Si la intensidad de la corriente es superior a la que indica la placa, es que hay una sobrecarga.

BALEROS GASTADOS Y ATORADOS

En caso de que uno o los dos baleros estén gastados y atorados, es necesario sacarlos de las tapas y cambiarlos por otros nuevos iguales.

TAPAS MONTADAS EN FORMA INCORRECTA

Si las tapas no están bien colocadas, los baleros quedan desalineados. Entonces puede ser difícil o imposible que el eje gire. Cuando una tapa está bien ajustada y se golpea con un mazo, tiene un sonido limpio. Si suena hueco es necesario aflojar todas las tuercas y volverlas a apretar poco a poco cada vez y de manera alternada para que la tapa vaya entrando derecha.

Al colocar una tapa no debe apretarse completamente el primer tornillo y luego el siguiente porque entrará torcida.

Es posible tornear o rectificar el eje torcido de un rotor en un taller de tornería. En ese caso es necesario cambiar los baleros por unos de diámetro interior menor, igual al del eje rectificado.

EL MOTOR GIRA A UNA VELOCIDAD INFERIOR

Que el motor gire a una velocidad menor a la normal puede deberse a cinco causas principales:

1. **Cortocircuito**
2. **Inversión de polaridad en las bobinas de trabajo**
3. **Conexiones erróneas en el estator**
4. **Baleros desgastados**
5. **Barras del rotor desprendidas de los anillos**

Para la detección de un corto circuito vea la página 89, para la prueba de la polaridad la página 92, para los baleros desgastados la página 94.

Una avería en las barras del rotor se distingue por un zumbido en éste y poca potencia en el motor. Esta falla generalmente se advierte visualmente, al sacar e inspeccionar el rotor. Pero de no ser así se puede identificar al colocar el rotor en el grauler o probador de rotores, tal como se explica más adelante, en la página 121.

EL MOTOR SE CALIENTA EN EXCESO

Cuando un motor se calienta en demasía después de trabajar un tiempo corto puede tener las siguientes fallas:

1. **Cortocircuito**
2. **Contacto a tierra**
3. **Baleros desgastados**

EL MOTOR FUNCIONA RUIDOSAMENTE

Los problemas que hacen que un motor de condensador funcione ruidosamente pueden ser las siguientes:

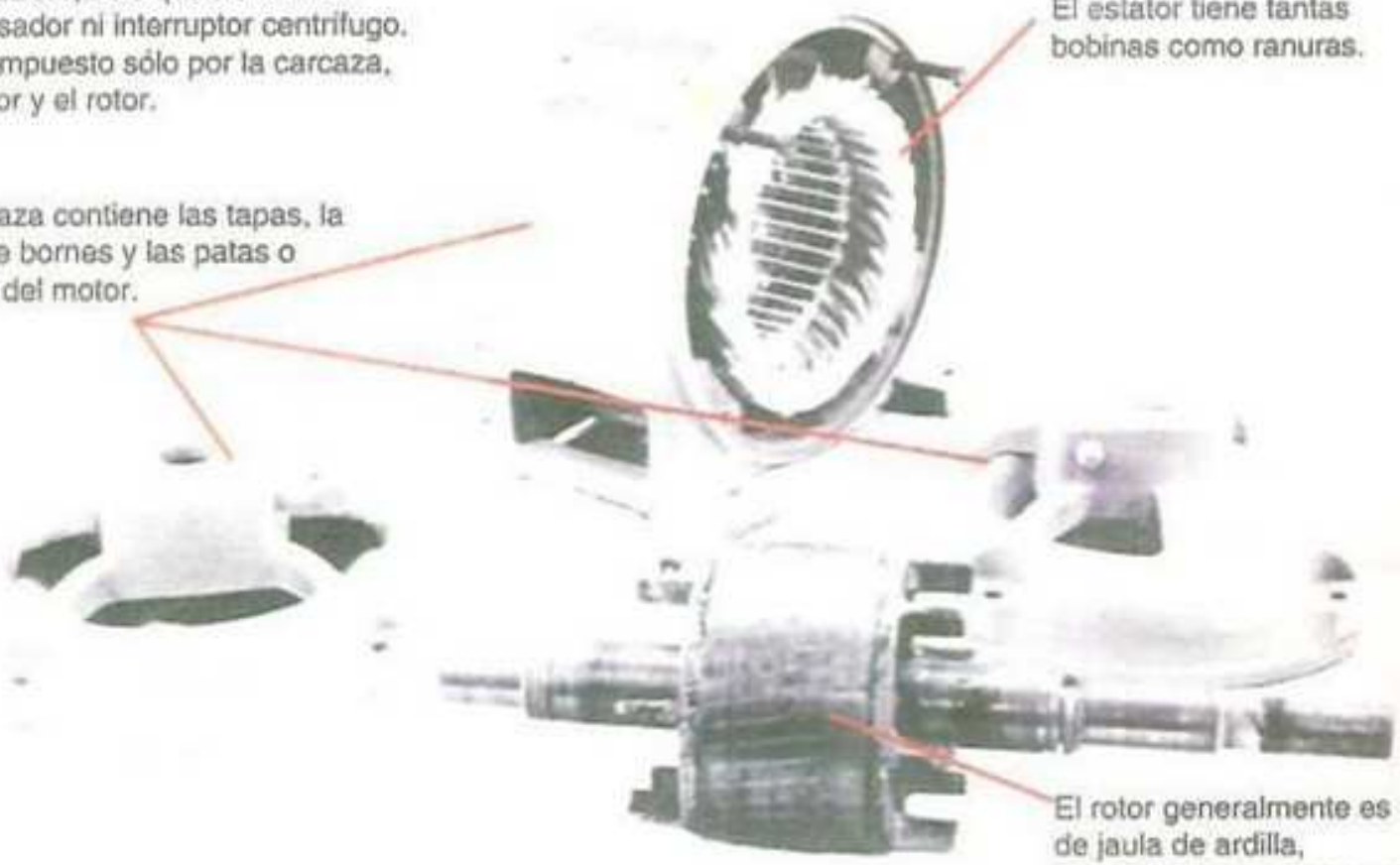
1. **Cortocircuito**
2. **Conexiones erróneas entre polos**
3. **Barras del rotor desprendidas**
4. **Baleros desgastados**
5. **Interruptor centrífugo deteriorado**
6. **Juego del eje excesivo**

Los motores trifásicos están hechos para trabajar en corriente alterna de tres fases, cada una de 115 volts. Son motores potentes que se usan para mover máquinas herramienta, bombas, montacargas, grúas, maquinaria pesada, ventiladores, etcétera.

MOTORES TRIFÁSICOS

Conexiones fundamentales 98
Rebobinado 102

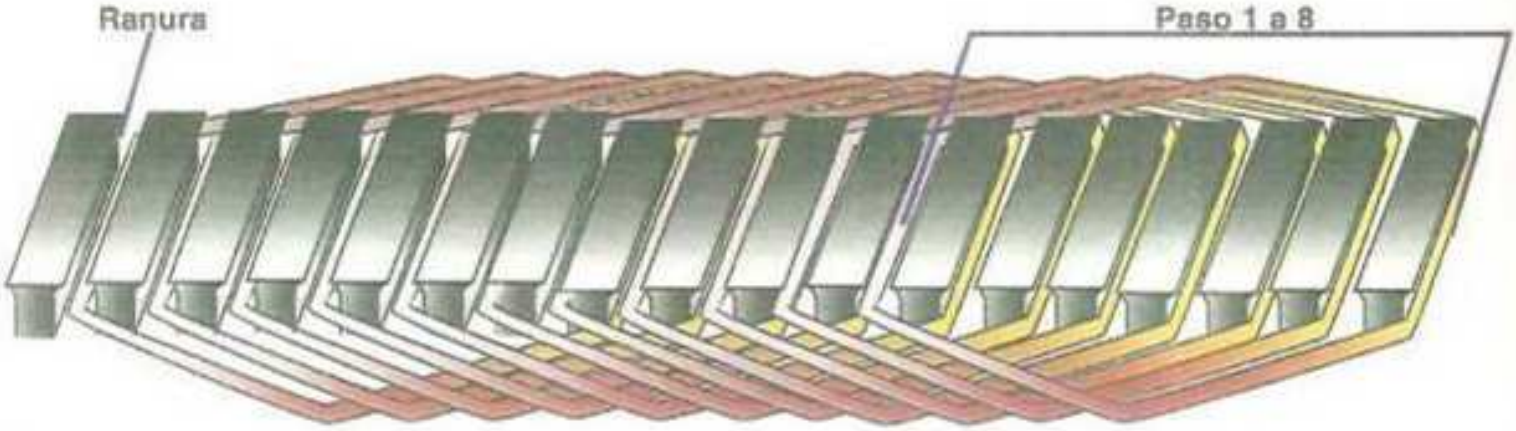
El motor trifásico es parecido al de condensador, sólo que no tiene ni condensador ni interruptor centrífugo. Está compuesto sólo por la carcaza, el estator y el rotor.

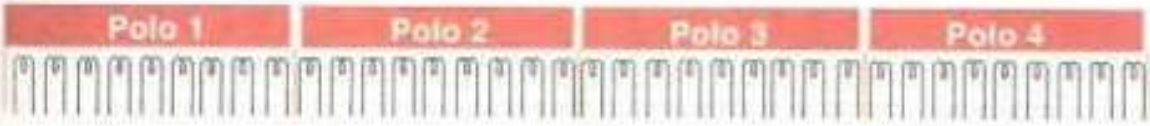


Antes de describir el proceso de rebobinado conviene familiarizarse un poco con las conexiones fundamentales de los motores trifásicos.

En los motores trifásicos el número de bobinas del estator es igual al de las ranuras del núcleo.

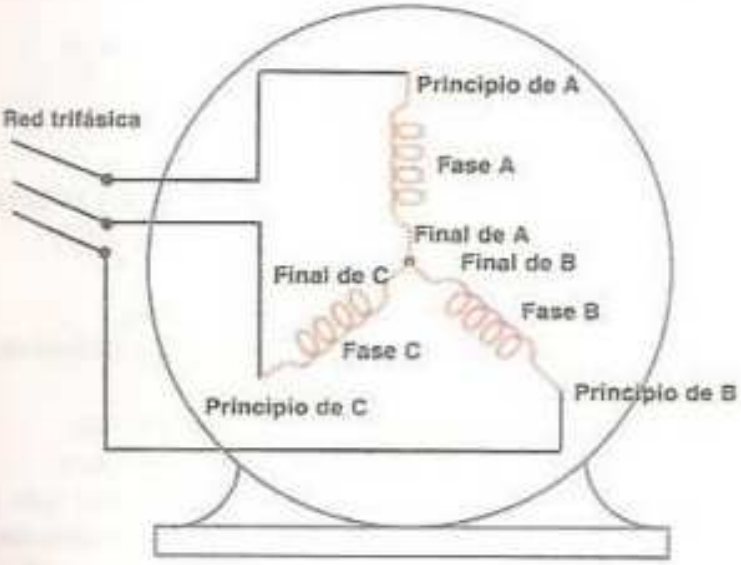
Como cada bobina tiene dos lados alojados en las ranuras, cada una de las ranuras recibe dos bobinas, en una doble capa.



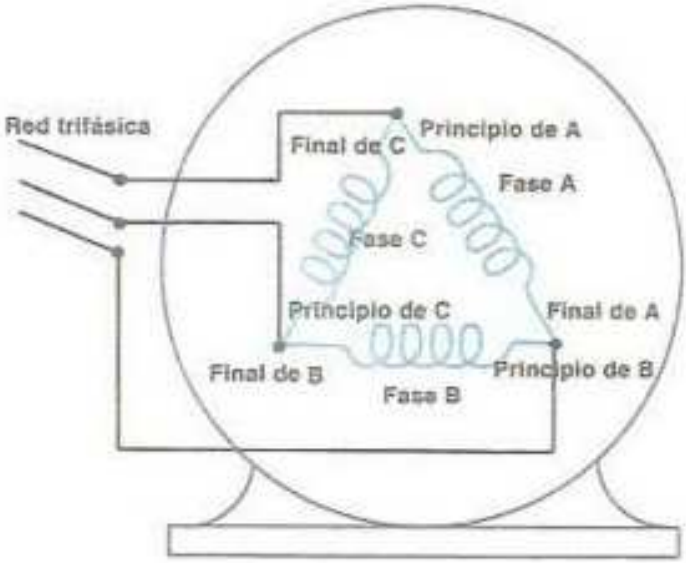


Nueve bobinas por polo

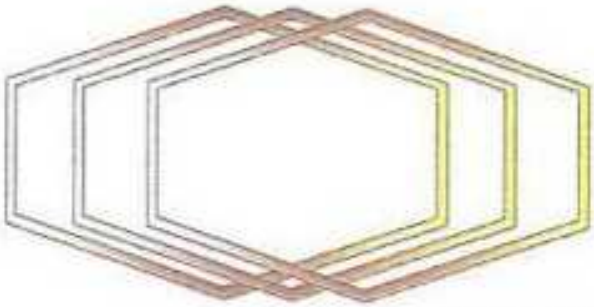
El embobinado de los motores trifásicos está compuesto por el mismo número de bobinas pertenecientes a cada una de las tres fases de la corriente, conocidas como fase A, fase B y fase C. El número de bobinas de cada fase es igual al número total de bobinas dividido entre tres.



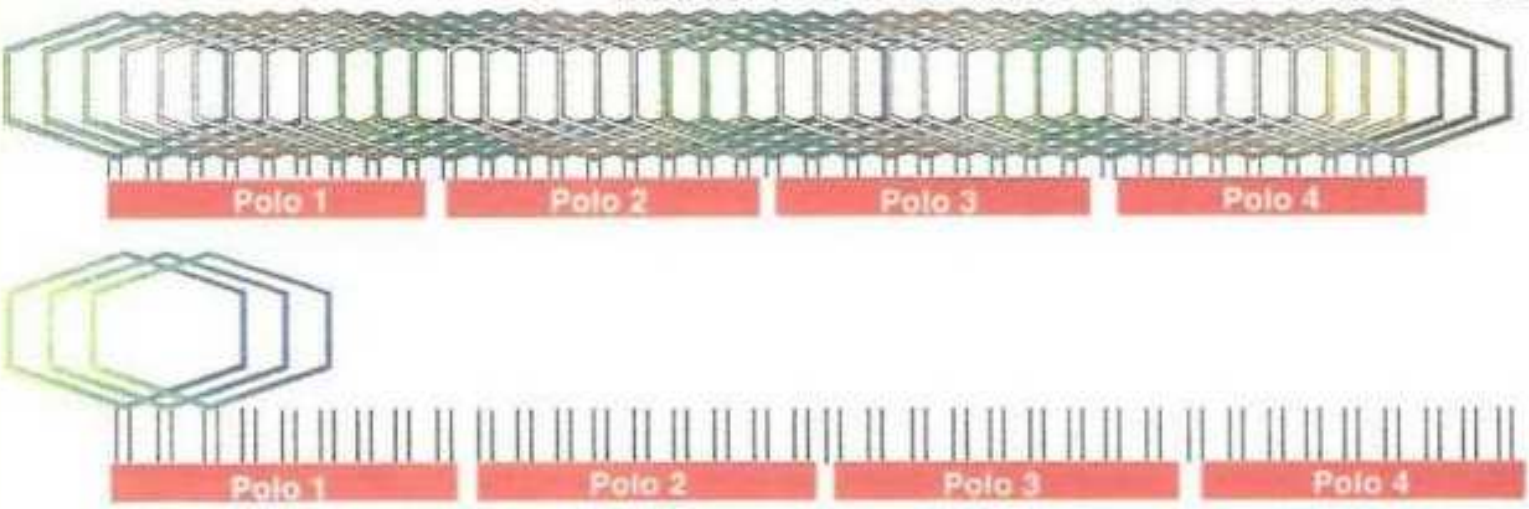
Las tres fases de un motor trifásico están siempre conectadas en estrella o en triángulo. En la conexión en estrella, el principio de cada fase va conectado a su línea de alimentación, mientras que sus puntas terminales van unidas entre sí, en un punto o centro de la estrella.



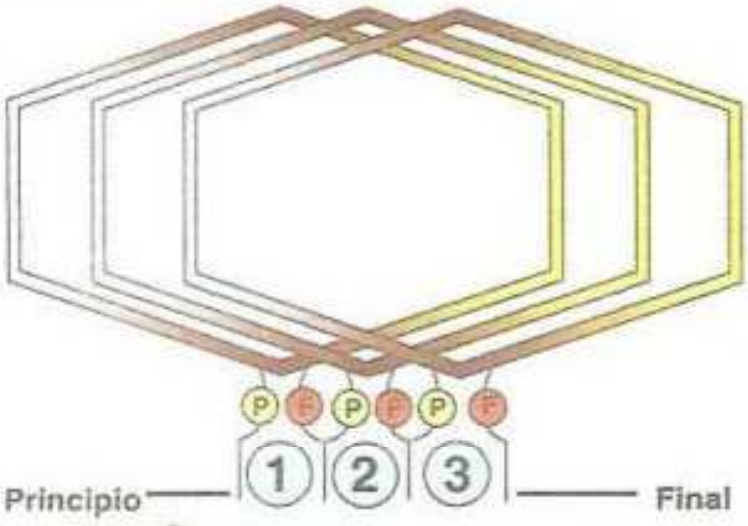
En la conexión en triángulo, el final de cada fase va unido al principio de la siguiente.



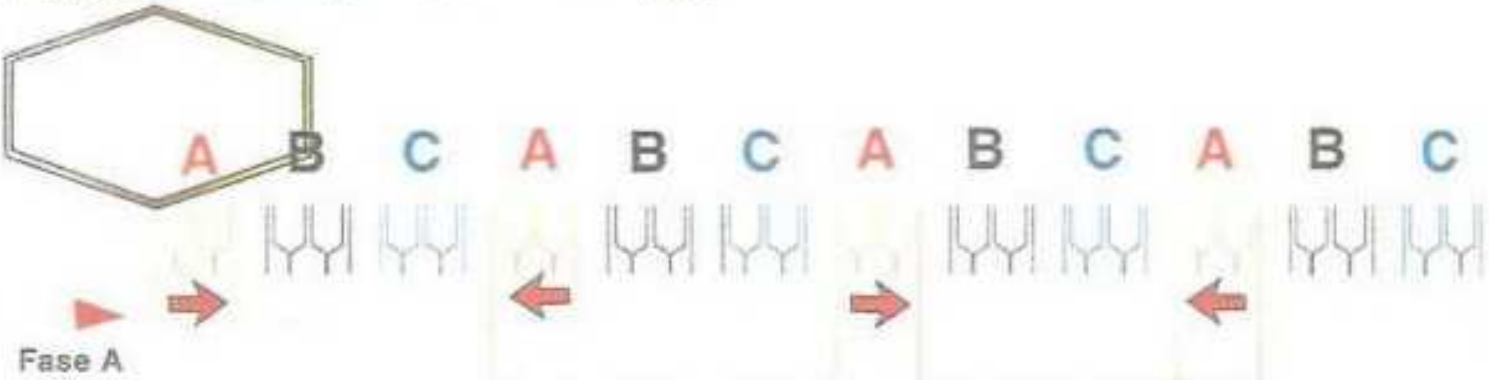
Se llama *grupo* a un determinado número de bobinas contiguas conectadas *en serie*. Los motores trifásicos llevan siempre tres grupos iguales de bobinas en cada polo: uno pertenece a la fase A, otro a la fase B y otro a la fase C.



Esto significa que cada polo está formado por tres grupos de bobinas, uno por cada fase. Para conocer el número de bobinas por polo se divide el número total de bobinas entre el número de polos.
Si se quiere establecer el número de bobinas por grupo, se divide el número de bobinas por polo entre el número de fases.



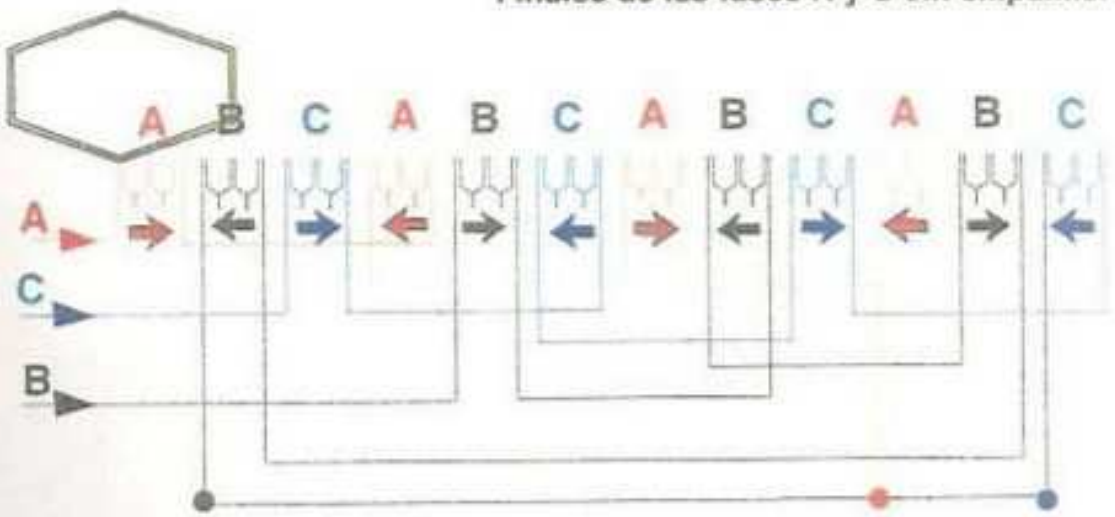
Las bobinas de cada grupo siempre están conectadas en serie. Así, el final de la primera bobina va unido al principio de la segunda y el final de la segunda, al principio de la tercera.
Si el grupo está compuesto por tres bobinas, entonces el principio de la primera bobina y el final de la tercera son las terminales del grupo.
Cuando las bobinas se hacen en grupos no hay necesidad de hacer conexiones entre ellas, pero cuando cada bobina se hace por separado, hay que hacer la conexión en serie entre una y otra bobina de cada grupo.



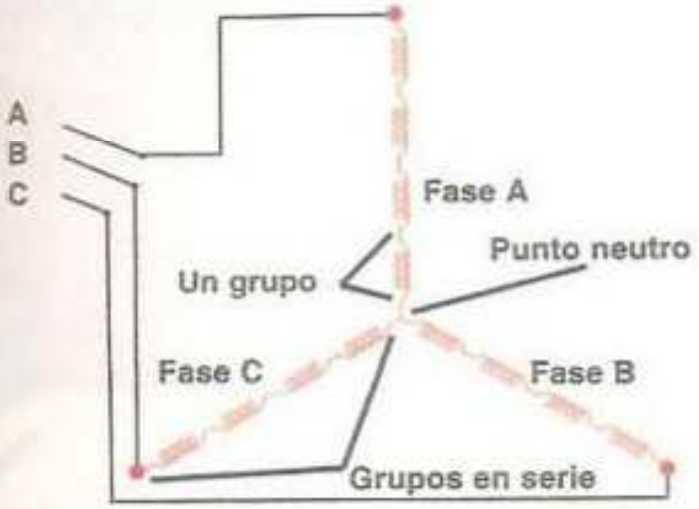
Final de la fase A sin empalmar

Enseguida, se conectan entre sí todos los grupos de bobinas que pertenecen a cada fase, cambiando la polaridad de un grupo al siguiente. Así, en los grupos que componen la fase A, la terminal final del primer grupo se une a la terminal final del segundo grupo, mientras que la terminal inicial del segundo grupo se une a la terminal inicial del tercero, en tanto que la terminal final del tercero se une a la terminal final del cuarto grupo.

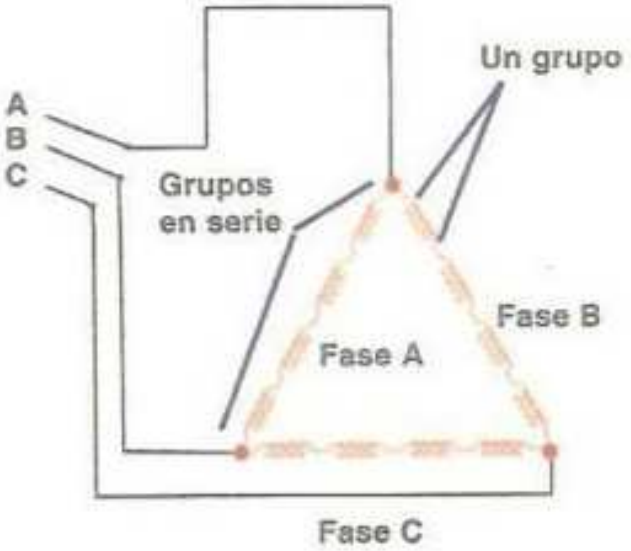
Después, se conectan los grupos de bobinas de la fase C, en la misma forma que se hizo para los de la fase A, saltándose intencionalmente el grupo B.



La conexión a la fase B se inicia por el segundo grupo, no por el primero con el que se termina. De ese modo todas las conexiones se hacen idénticas y la corriente de esa fase corre en dirección opuesta a las otras dos.



Luego, los inicios de las fases A, B y C se unen, cada una, a un cable flexible y se llevan a la placa de bornes.
Si la conexión es en estrella, entonces los finales de los grupos de cada fase se unen entre sí y la unión se aísla. De ese modo la corriente entra en un momento dado por una de las fases y sale por las otras dos, para un instante después entrar por las otras dos y salir por la tercera, según un ciclo rotativo.



Si la conexión es en triángulo no existe ningún centro y el final de la fase A se une al inicio de la fase C, cuyo final se hace coincidir con el principio de la fase B.

MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

Las tareas que hay que realizar para hacer el rebobinado de un motor trifásico son esencialmente las mismas que para un motor con condensador. Se principia por tomar los datos, se sigue sacando las bobinas viejas y el aislamiento de las ranuras, la hechura de las bobinas y su colocación, para continuar con su conexión entre sí y terminar con la verificación eléctrica y la impregnación.

TOMA DE DATOS

Los datos que se deben anotar en primer lugar son los que aparecen en la placa. Además, antes de desarmar el motor y cortar las terminales se debe registrar el número de ranuras, el número de bobinas, la clase de conexión entre bobinas, el número de vueltas de cada bobina, la forma y tamaño de cada bobina, el paso de la bobina, la clase de aislamiento de las ranuras y el calibre del alambre magneto, así como el espesor de su aislamiento.

EXTRACCION DE LA BOBINAS VIEJAS

En los motores muy grandes, que tienen las ranuras abiertas, basta con quitar las cuñas o los caballetes para que las bobinas salgan.

Pero en los motores medianos, que tienen las ranuras semicerradas, es más difícil, pues hay que cortarlas por un lado y jalar por el otro.

Para tener un modelo del tamaño de las nuevas se debe sacar una bobina intacta.

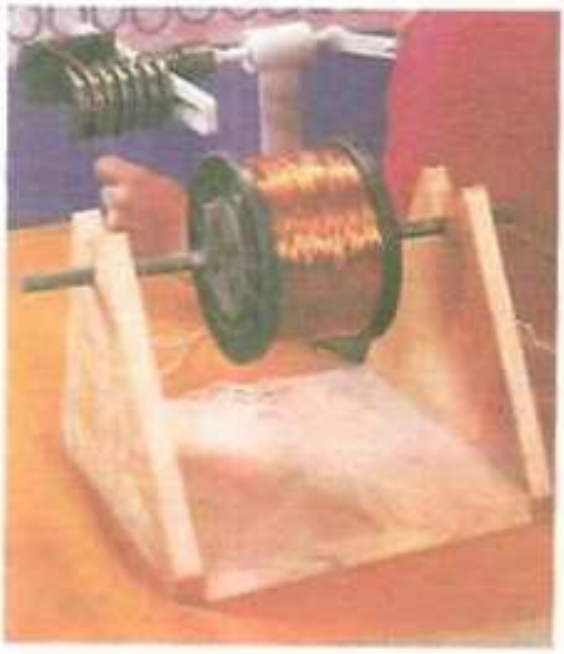
El alambre magneto se compra por peso, de modo que se deben pesar las bobinas de un polo y multiplicar su peso por el total, para calcular la cantidad de alambre que hay que comprar.

Antes de sacar las bobinas conviene medir y anotar la distancia que sobresalen las cabezas para que esa distancia nunca sea mayor en las nuevas.

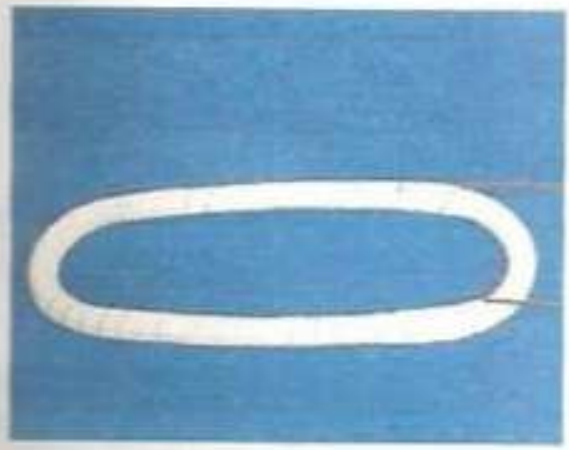
Una vez limpias las ranuras se coloca un aislante nuevo, del mismo grueso y material que el original.

HECHURA DE LAS BOBINAS

Las bobinas de los motores trifásicos generalmente se hacen con la ayuda de moldes ajustables, ya sea hechos por el bobinador o comprados de fábrica.



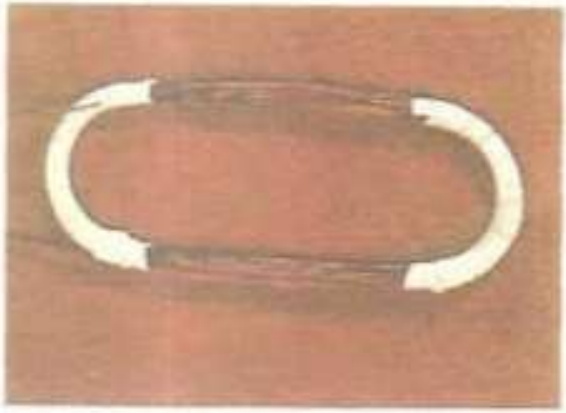
Las devanadoras ajustables que tienen seis rodillos se montan en un banco o dentro de un torno que las hace girar.



Las bobinas de los motores muy grandes, que tienen las ranuras abiertas, se encintan, es decir, se cubren con una espiral de cinta.

Se comienza por un punto próximo a una de las terminales y se sigue a lo largo de toda la bobina, haciendo que cada vuelta de cinta quede sobrepuesta en la mitad de la anterior.

Al llegar a la segunda terminal, se cubre con cinta un tramo de unos 2 o 3 cm y se continúa con el resto de la bobina hasta llegar al punto incial.



A las bobinas de los motores medianos, que tienen las ranuras semicerradas, solamente se les cubre de cinta las cabezas, mientras que las partes que van metidas en las ranuras quedan libres.

Algunos talleres no encintan las bobinas, pero deben poner un aislante entre las bobinas que pertenecen a distintas fases.

COLOCACIÓN DE LAS BOBINAS

En los motores que tienen las ranuras semicerradas hay que meter los alambres separándolos un poco, en uno de los lados, mientras se mantiene inclinada la bobina para que todos puedan entrar en la ranura.

Se debe tener la seguridad de que todos quedan dentro del aislamiento, para que no haya peligro de un contacto a tierra. Enseguida, se presionan suavemente con los dedos para que todos los alambres queden en el fondo de la ranura y se pone un caballete de material aislante.

En la ranura de junto se mete un lado de la segunda bobina. Así se sigue hasta casi terminar con todas. Se coloca una tira de material aislante encima de las ranuras, para separarlas de las bobinas que van a ir abajo.

El otro lado de la ranura se deja fuera, pues este lado de las bobinas ocupa solamente la mitad inferior de la ranura. El otro lado se deja fuera, hasta que el fondo de la ranura donde debe ir esté ocupado con el primer lado de otra bobina.

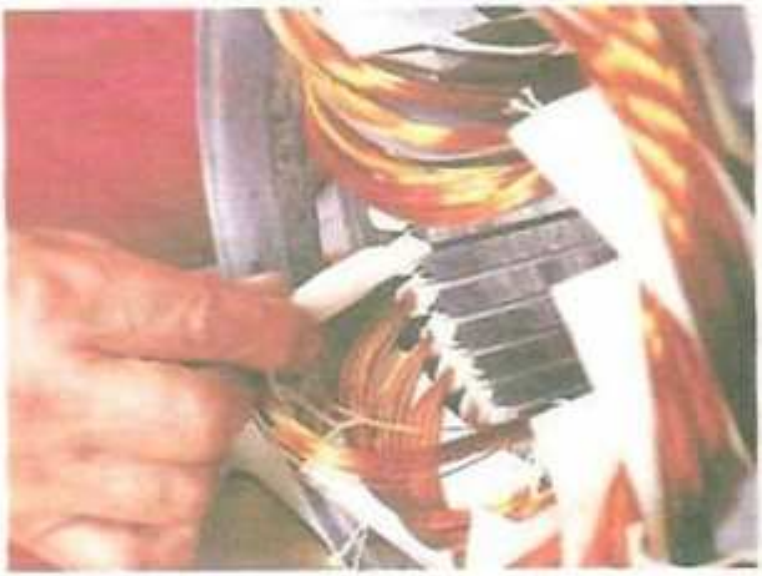
Cuando la segunda ranura en la que debe entrar una bobina ya tiene bobina abajo, entonces se puede meter el otro lado de cada bobina, quedando siempre en la parte superior de la ranura.

Algunos bobinadores colocan el segundo lado de las bobinas hasta que han terminado de colocar el primero de todas. La distancia entre el lado de la bobina que va abajo y el que va arriba es igual al paso de la bobina.

Al ir avanzando, llega un momento en que las ranuras vacías quedan cubiertas por el segundo lado de las bobinas. Para poder seguir trajabando es necesario amarrar las bobinas sueltas para levantarlas y dejar libres las ranuras vacías.

COLOCACION DE LAS BOBINAS

Ya con las bobinas sueltas levantadas, es posible colocar las bobinas faltantes.



Al ir colocando cada bobina en sus ranuras, se van poniendo caballetes de aislante.

Al terminar de colocar las bobinas se compactan las cabezas para evitar que rocen con el rotor o con las tapas.

Enseguida, se recortan los sobrantes de aislante que se colocaron para separar las bobinas de cada fase.

De ese modo el bobinado queda listo para el terminado, que consiste en afirmarlo como una masa compacta y hacer las pruebas necesarias para verificar su estado correcto.

Ya colocados dentro de las ranuras los dos lados de todas las bobinas, se inmoviliza todo el devanado colocando cuñas de madera o fibra prensada que sobresalgan unos tres milímetros por ambos extremos.

A continuación, se hacen las mismas pruebas de polaridad, interrupción, cortocircuito y tierra que se mostraron para los motores de condensador.

Finalmente, se barniza el embobinado y se deja secar, antes de volver a armar el motor.

Se llaman motores universales los que pueden funcionar con corriente tanto continua como alterna. Son motores pequeños, de no más de un tercio de caballo, que se emplean principalmente en herramientas de mano, aspiradoras, batidoras, etcétera.

Tienen una velocidad variable que sin carga puede ser peligrosa, por lo que siempre forman una sola unidad con el mecanismo que mueven.

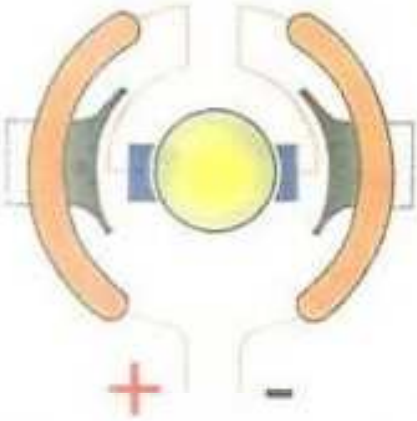
MOTORES UNIVERSALES

Características 112
Rebobinado del estator 114
Conexiones 117
Fallas del inducido 117
Escobillas 118
Colector 119
Bobinas 121
Limpieza del colector 129
Aislamiento del núcleo 131
Hechura de las bobinas 132
Conexión a las delgas 139
Soldado 142
Zunchado 142
Verificación eléctrica 143
Balance del rotor 144
Impregnación 144

Las partes principales de un motor universal son la carcaza, el estator y el rotor o inducido.

La carcaza, generalmente de acero o de aluminio, tiene el tamaño necesario para mantener firmes las piezas del estator. Muchas veces no existe carcaza como tal, puesto que el lugar de la herramienta al que va fijo el estator hace las veces de carcaza.

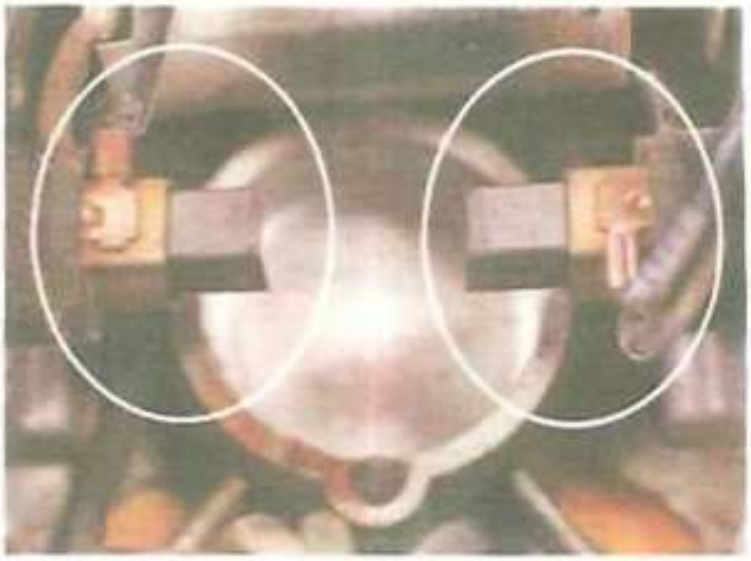
El estator o inductor consiste en un paquete de láminas circulares prensadas, fijadas con remaches, que en su interior tienen unos polos salientes con la forma necesaria para recibir, generalmente, un solo par de bobinas inductoras.



El motor universal tiene ambas bobinas conectadas en serie a través del rotor o inducido.

El rotor, también llamado inducido en estos motores, consiste en un paquete de láminas de acero que forman el núcleo, con unas ranuras en las que se alojan varias bobinas, cuyos extremos van soldados a un colector.

El colector es una pieza circular, montada en el eje, hecha con numerosas láminas de cobre, llamadas delgas, aisladas unas de otras con unas micas intermedias generalmente más bajas que las delgas y aisladas también del eje.



Sobre el colector, cuya superficie es completamente lisa, van unos portaescobillas con sus respectivas escobillas de carbón o carbones, que permiten la conexión eléctrica en serie con el rotor o inducido que gira.

El eje del rotor o inducido, como en todos los motores, va montado sobre los baleros o cojinetes, alojados en las tapas de la carcaza o su equivalente en el aparato de que se trate.

Para rebobinar el estator, primero se sacan las bobinas viejas de los polos, quitando los pasadores que las mantienen fijas. Algunas veces, en lugar de pasadores tienen unas tiras delgadas de metal o bien, unas cuñas de fibra.

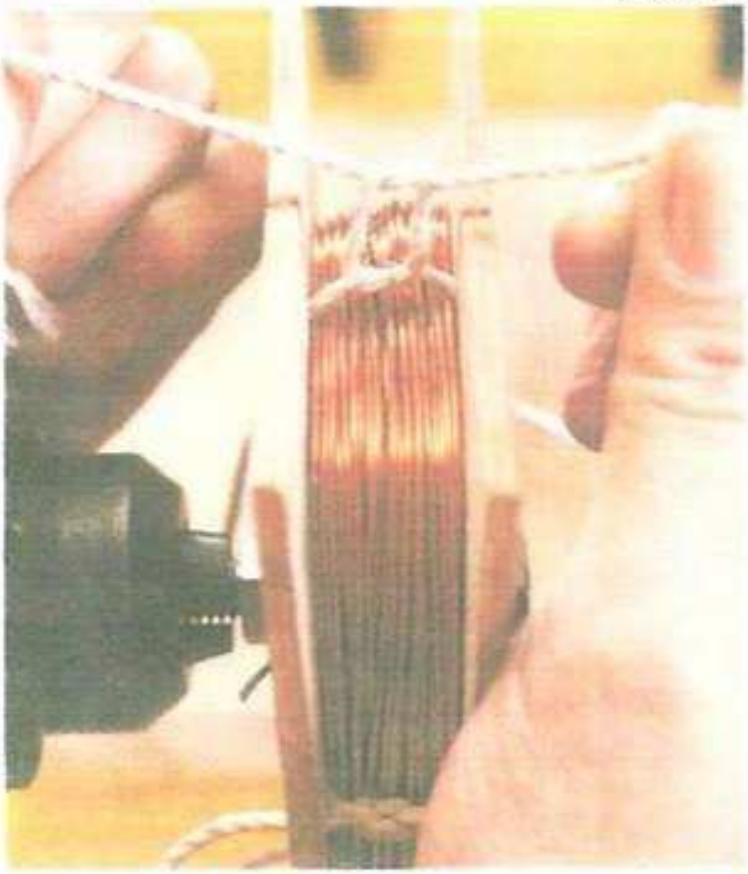
Enseguida, se retira la cinta aislante que envuelve las bobinas y se anota el número de vueltas que tiene el alambre, así como su calibre.

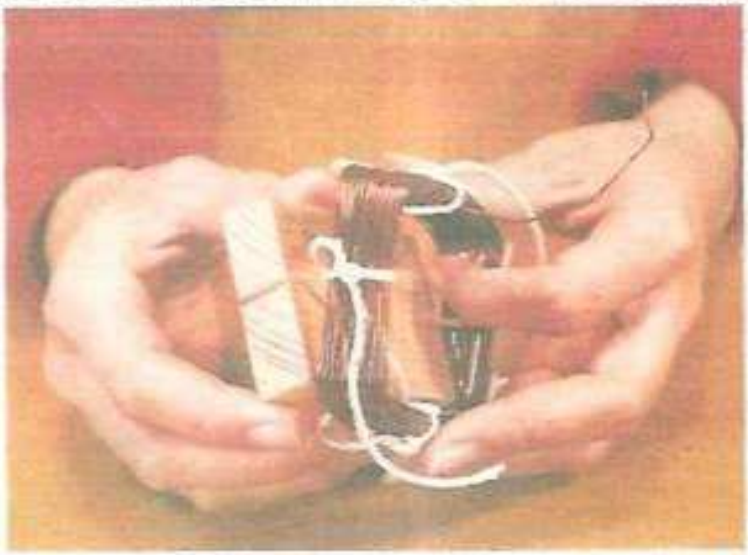
A continuación, sobre una superficie lisa, se da forma plana a la bobina, para determinar con precisión sus dimensiones y trazar una horma para hacer unas bobinas nuevas, idénticas a las originales.

La horma se hace cortando una pieza de madera, con el borde ligeramente cónico para poder quitar cómodamente la bobina devanada. A los lados de la horma se pone un par de tablas delgadas con unas muescas, que se sujetan por el centro con un tornillo y una mariposa.

Luego se ponen unos cordeles en las muescas para atar firmemente las bobinas antes de retirarlas.

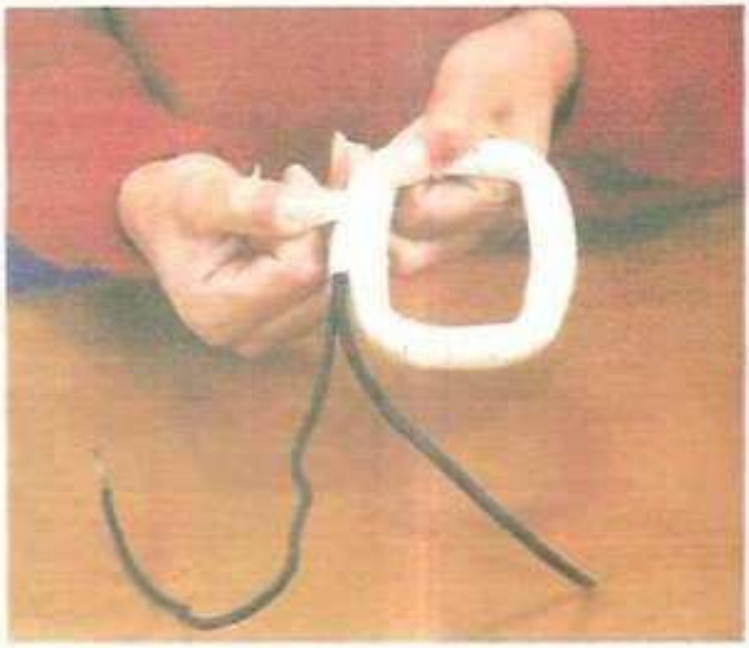
Después, la horma se monta en la devanadora y con alambre magneto, del mismo calibre que el original, se enrolla en la horma el mismo número de vueltas que la bobina vieja.





Antes de sacar la bobina nueva se amarra bien con los cordeles pasados por las muescas, para que los alambres se mantengan compactos y en forma.

Las terminales de las bobinas se empalman a cables flexibles.

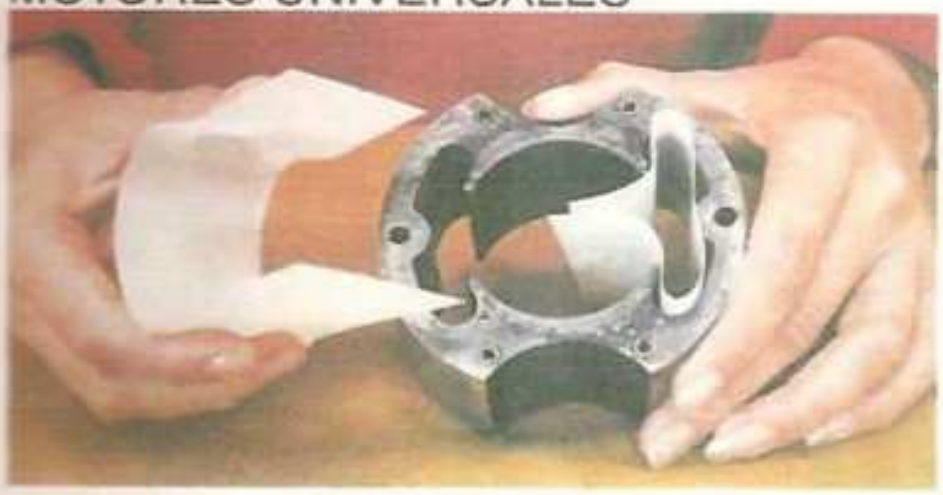


Enseguida, las bobinas se cubren con cinta de lino.

A continuación se da a la bobina la forma conveniente para que ajuste sobre el polo.

Después, se impregna con barniz.

MOTORES UNIVERSALES

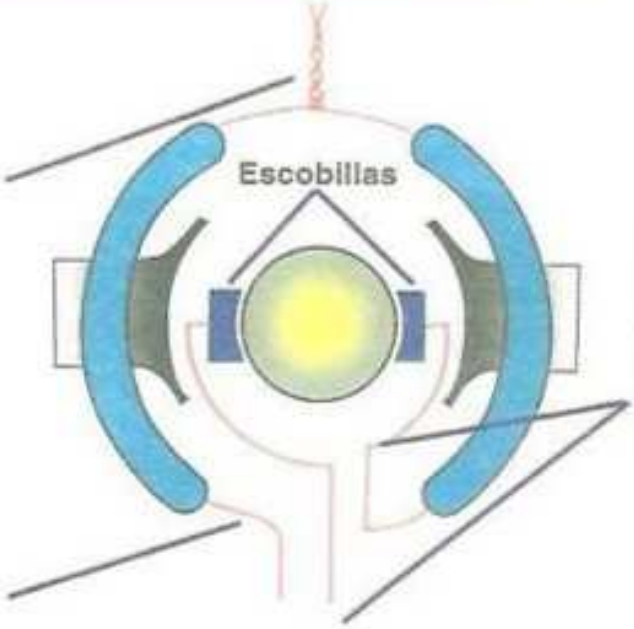


REBOBINADO DEL ESTATOR

Y ya seca la bobina, se ponen los aislantes y se monta en el polo. Se fija con los pasadores, las tiras de metal o las cuñas.

CONEXIONES

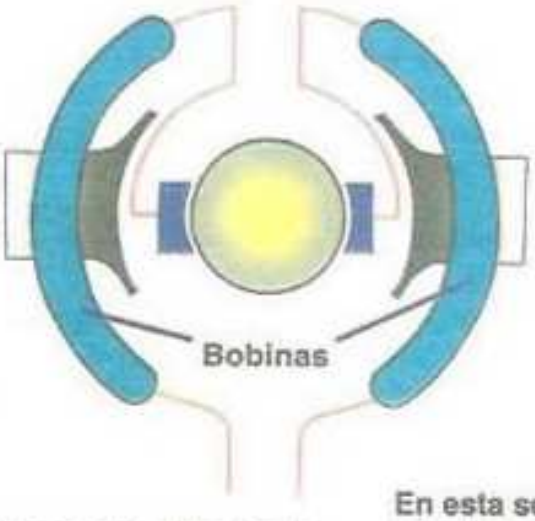
Las bobinas inductoras de un motor universal van conectadas en serie a través del inductor o rotor. Para ello, una de las terminales de la primera bobina se conecta con una de las terminales de la segunda bobina.



En tanto que el otro cable de la segunda bobina se conecta a una de las escobillas, mientras que de la otra escobilla se saca un cable a la alimentación.

La otra terminal de la primera bobina se conecta a un cable que la lleve a la alimentación.

El cambio de sentido de la rotación en un motor universal se logra invirtiendo la polaridad de las escobillas. Esto es algo que raramente es necesario, pues la mayoría de los motores universales se construyen para girar solamente en un sentido.



Otra manera de conectar es llevar el final de la primera bobina a una escobilla, y la otra escobilla, al principio de la segunda bobina inductora.
Si al conectar el motor no arranca, se debe a que está mal la polaridad. Basta con invertir las terminales de una de las bobinas.

FALLAS DEL INDUCIDO

Un motor universal puede fallar por diversos defectos, tanto en el estator como en el inducido. Anteriormente hemos tratado de las diversas fallas en el estator, su diagnóstico y reparación para motores de condensador y trifásicos. En estos motores el diagnóstico y la reparación son semejantes.

En esta sección revisaremos las principales fallas del rotor o inducido y son válidas tanto en un motor universal como para el inducido de un motor de corriente directa o un generador.

MANUAL DE EMBOBINADO DE MOTORES

La fallas del inducido más simples y algunas de las más frecuentes ocurren en las escobillas. Así, las escobillas sucias o atascadas pueden impedir que el motor arranque, o producir un contacto a tierra de alguna de ellas.

Uno de los alambres que llevan corriente al portaescobillas roto interrumpe todo el circuito del motor, impidiendo su marcha.

Una escobilla mal colocada puede hacer que el motor no funcione o marche demasiado despacio, y un mal contacto puede producir un exceso de chispas en el colector.

Las escobillas de carbón mantienen un contacto eléctrico permanente sobre el colector que gira, gracias a la presión ligera que ejerce un resorte que hay en el portaescobillas.

Hay veces en que el resorte pierde su tensión con el uso, y la presión que ejerce es insuficiente para hacer un buen contacto. Entonces es necesario estirar o cambiar el resorte.

Otras veces, el carbón está demasiado gastado y muy corto, con lo que disminuye la presión del resorte. En este caso hay que cambiar el carbón por uno nuevo.

Para que el contacto sea efectivo es indispensable que el carbón pueda moverse libremente dentro del porta-escobillas. Si el carbón tiene demasiado juego, vibrará, y si queda muy apretado, anulará la acción del resorte.

Un colector sucio puede hacer que se produzcan chispas. La suciedad puede provenir de grasa o polvo acumulados en su superficie. Se limpia con un trapo con un poco de solvente.

Entre las delgas, sobre las micas, también se acumula polvo y residuos del carbón de las escobillas, lo que produce chispas en exceso. Las ranuras de las delgas se deben raspar con un limpiador para colector, hecho con una hoja de segueta.

Asimismo, puede suceder que el colector pierda el centro o se vuelva áspero, lo que se comprueba al pasar el dedo por su superficie. Algunas veces la irregularidad de la superficie del colector se debe a delgas salientes, que producen muchas chispas cada vez que la escobilla les pasa por encima.

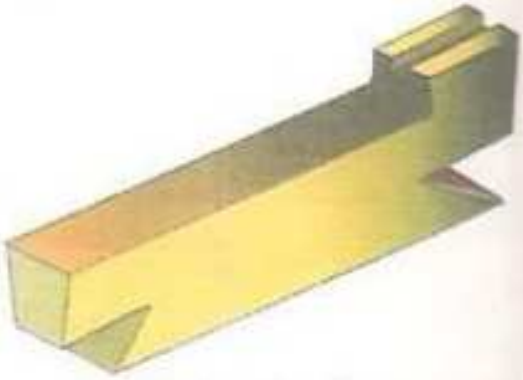
Otras veces, sin embargo, los defectos en la superficie del colector se deben a micas salientes, debido al mayor desgaste de las tiras de cobre. Estos defectos en la superficie del colector se eliminan torneando el colector o en casos ligeros, al repasarlo con papel de lija de grano muy fino.

También puede ocurrir que una o varias de las delgas del colector se encuentren en cortocircuito o en contacto a tierra. Cuando una o más delgas tienen contacto directo con el núcleo se produce un contacto a tierra. Para detectarlo, una punta de la lámpara de prueba se conecta al eje del inducido, y la otra, a una delga cualquiera del colector.

Si esa delga está perfectamente aislada, la lámpara permanecerá apagada. Pero si se enciende, indicará que la delga está a tierra. El contacto a tierra de la delga generalmente ocurre contra el núcleo, debido a una arandela defectuosa que hay que cambiar.

Un cortocircuito en el colector se debe a que se ha deteriorado una de las micas que hay entre las delgas. Con una de las terminales de la lámpara de prueba se toca una delga cualquiera y con la otra se toca la delga de junto. Si la lámpara permanece apagada, ese par está bien. Así se prueba el siguiente par de delgas. Se continúa igual con todos los pares de delgas y si en alguno de ellos se enciende la lámpara, indica que existe un cortocircuito y hay que sustituir la mica.

Para corregir el cortocircuito es necesario desbaratar el colector desenroscando la tuerca que lo mantiene apretado. Luego las delgas se golpean suavemente con un martillo, para que salte el anillo y las delgas queden libres.



Las láminas de mica que quedan pegadas a las delgas se separan con una navaja. Se debe conservar por lo menos una lámina de mica intacta, así como las dos arandelas, para poder hacer las nuevas idénticas.

MOTORES UNIVERSALES

El espesor de la mica se mide con el micrómetro y se cortan tiras ligeramente más grandes con unas tijeras.

Enseguida se empalman seis hojas entre dos delgas y se prensa todo en un tornillo de banco, y con una sierra fina se van cortando las micas al tamaño exacto, sin lastimar las delgas de cobre.

Después se lijan los bordes de las micas para que queden lisos y ligeramente menores que las delgas.

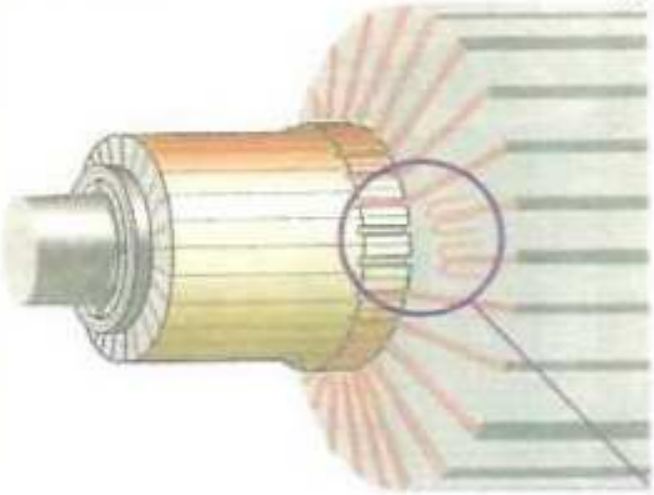
COLECTOR

Con la plantilla de la arandela vieja se cortan las nuevas arandelas.
Al volver a armar es necesario meter una mica entre cada par de delgas y que las arandelas no se muevan de su lugar. Luego se monta el anillo frontal. El colector debe quedar compacto, con todas las delgas bien alineadas.

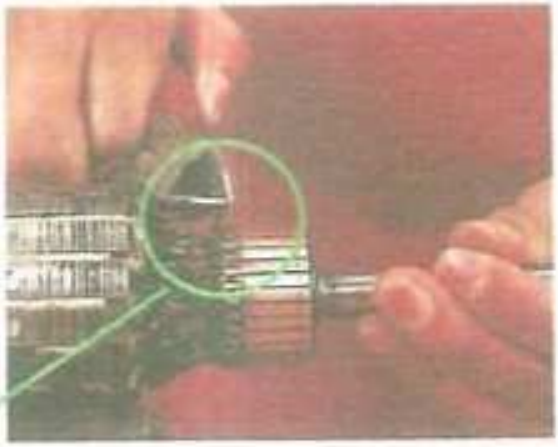
BOBINAS

Las bobinas del inducido pueden fallar debido a interrupciones, cortocircuitos y contactos a tierra. Un contacto a tierra se detecta con la lámpara de prueba dejando una de las puntas conectada al eje, mientras que con la otra se toca, una a una, cada delga. Si la lámpara se enciende es que hay contacto a tierra y hay que repararla.

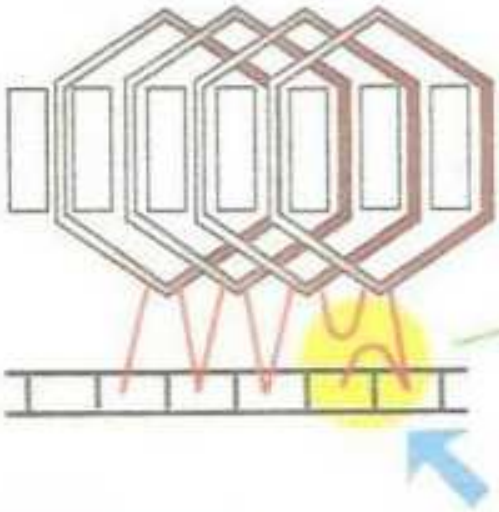
Un cortocircuito se detecta con la bobina de prueba o grauler. Se coloca el inducido sobre la bobina de prueba y se conecta la corriente. Luego, se pone una hoja de segueta a lo largo de la ranura de la parte de arriba del inducido. Si la hoja de segueta vibra rápidamente y zumba, es que hay un corto circuito. Si la hoja permanece quieta indica que las bobinas de esa ranura están bien. Se repite la prueba con todas las ranuras girando el inducido sobre el grauler.

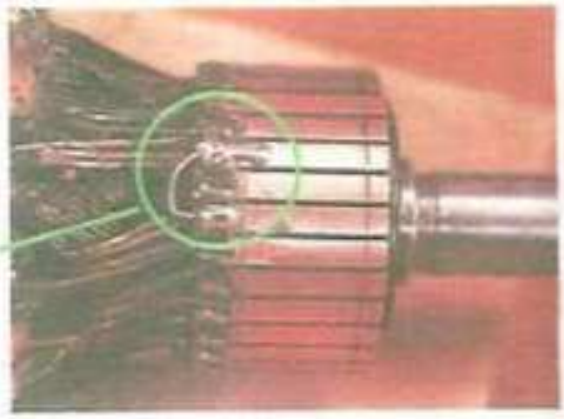


Las bobinas en cortocircuito se pueden reparar rebobinando todo el inducido o se pueden dejar provisionalmente fuera de servicio, cortando los alambres de la cabeza opuesta al colector.



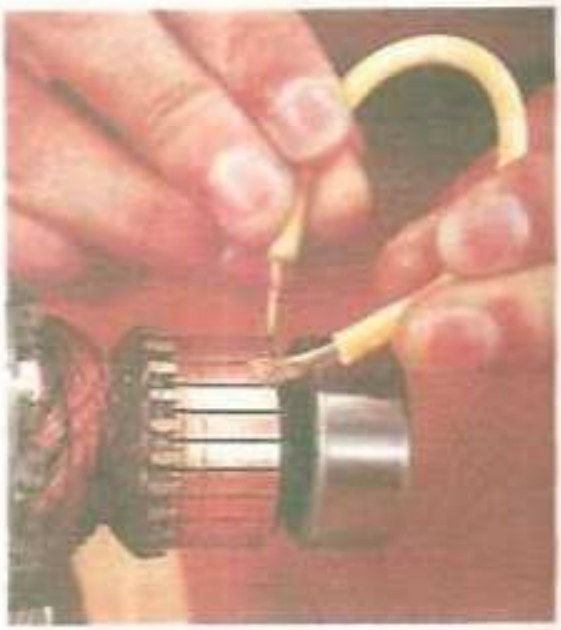
Como al cortar una bobina defectuosa se deja el circuito interrumpido, hay necesidad de establecer un puente que una las dos delgas correspondientes.





Para detectar una interrupción se coloca el inducido en el grauler o bobina de prueba y con un voltímetro de corriente alterna se tocan las dos delgas contiguas de la parte de arriba. La aguja del voltímetro deberá marcar el paso de alguna corriente.

Así se continúa con las dos delgas siguientes. Si en algún momento la aguja del voltímetro no marca el paso de corriente es que la bobina conectada está interrumpida.



Esta prueba puede hacerse sin voltímetro, con un trozo de cable cuyas puntas se colocan sobre el par de delgas de la parte superior. Si están conectadas se notarán pequeñas chispas en las puntas de contacto. La falta de chispas indica una interrupción.

REBOBINADO

El rebobinado de los inducidos o rotores de los motores universales es igual al rebobinado del inducido de un motor de corriente continua, de tal manera que lo que enseguida se expone es válido para ambos inducidos.

El rebobinado de inducidos comprende las tareas siguientes: toma de datos; limpieza del colector; aislamiento del núcleo; confección y colocación de las bobinas nuevas; conexión de las terminales de las bobinas a las delgas del colector; verificación eléctrica; balanceado del colector, e impregnación de barniz.

TOMA DE DATOS

Antes de quitar las bobinas viejas deben tomarse todos los datos necesarios para poder hacer el rebobinado correctamente. Se cuentan las ranuras del inducido y las delgas del colector.

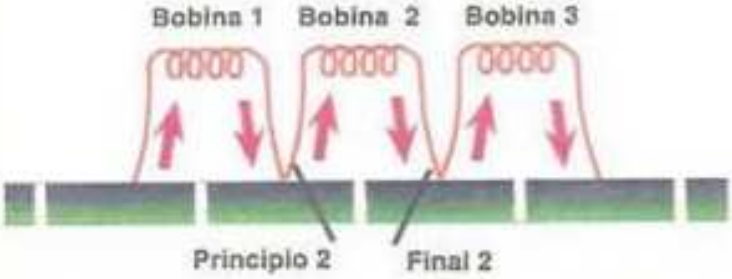
Luego, con un punzón se marcan las dos ranuras en que esté alojada una bobina cualquiera.

Posteriormente se marcarán las delgas del colector a las que esas terminales van conectadas. Las marcas indican el paso del bobinado y las conexiones al colector.

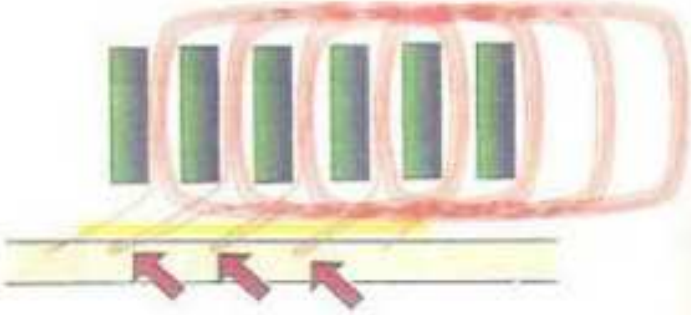
La conexión de las terminales de las bobinas a las delgas del colector puede ser de tres maneras distintas: cada terminal puede ir alineada con la delga de enfrente de la ranura.

También puede ir en delgas a la derecha de la ranura, vista desde el colector.

O conectarse a delgas a la izquierda de la ranura. Así, se tendrá que esa conexión va al frente, o dos, tres, cuatro delgas a la derecha o a la izquierda.

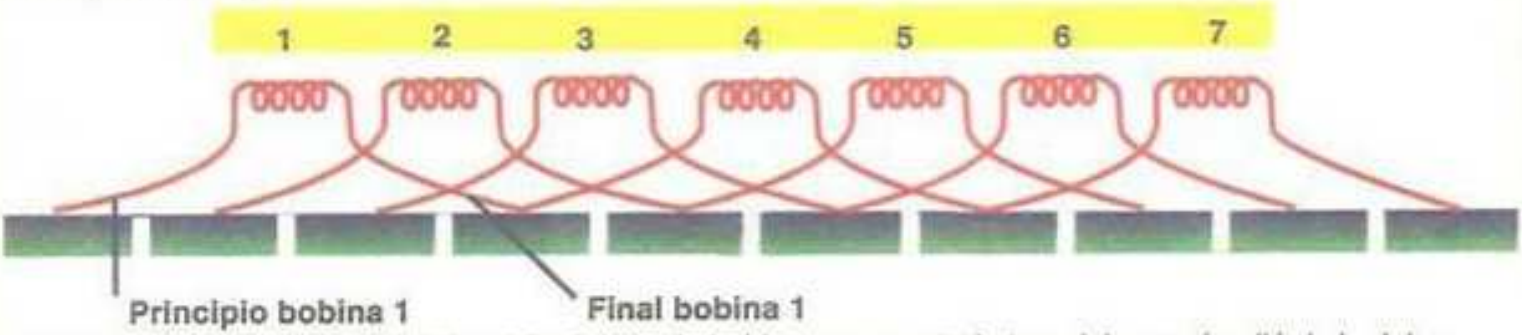


Los embobinados del rotor pueden ser ondulados o imbricados. El más común es el embobinado imbricado sencillo, donde las terminales iniciales y finales van a dos delgas contiguas del colector. Es decir, el final de la primera bobina va unido a la misma delga que el principio de la segunda bobina.

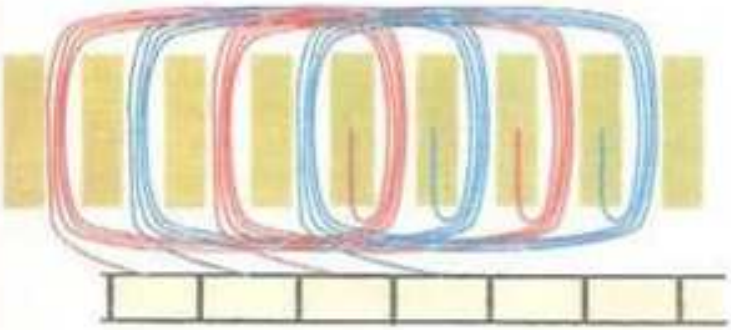


Las conexiones entre una bobina y otra se pueden hacer con bucles o sin bucles. En la conexión con bucles al final de una bobina el alambre no se corta, sino que simplemente se hace un bucle y con ese mismo alambre se inicia la segunda bobina. Cada bucle está formado por el final de una bobina y el principio de otro.

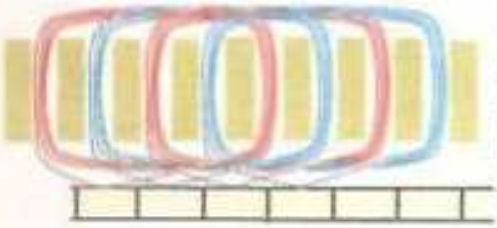
En el embobinado imbricado doble, el final de cada bobina va unido dos delgas más allá de donde va conectado el principio; así, el final de la primera bobina va conectado en la misma delga que el principio de la tercera, mientras que el final de la tercera va en la misma delga que el principio de la quinta.



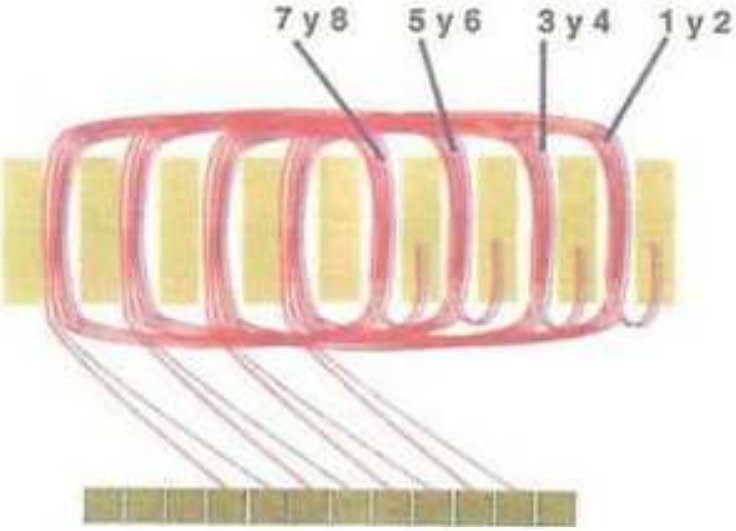
En el embobinado imbricado triple, el final de cada bobina va conectado tres delgas más allá de la delga donde va el inicio de la misma. Por tanto, el final de la primera bobina va conectado a la misma delga que el principio de la séptima. El número de delgas entre las terminales de una misma bobina se conoce como *paso* del colector.



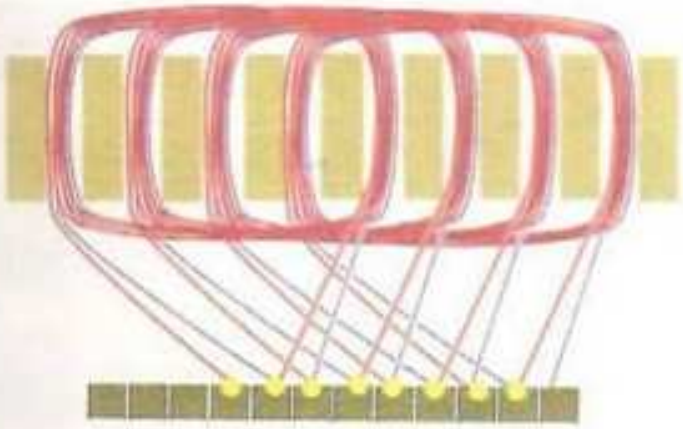
En unos casos el número de ranuras es igual al número de delgas, pero en otros el número de delgas es mayor que el de las ranuras. Es decir, que en cada ranura va más de una bobina. Pueden ser dos o tres bobinas por ranura, en cuyo caso el número de delgas es el doble o el triple que el de ranuras. O sea que de cada ranura salen dos o tres finales y principios de bobinas, conectados a delgas consecutivas. En las bobinas imbricadas de una sola bobina por ranura los principios de cada bobina se conectan a las delgas a medida que se devana cada bobina, mientras que los finales se dejan levantados hasta que se termina todo el bobinado.



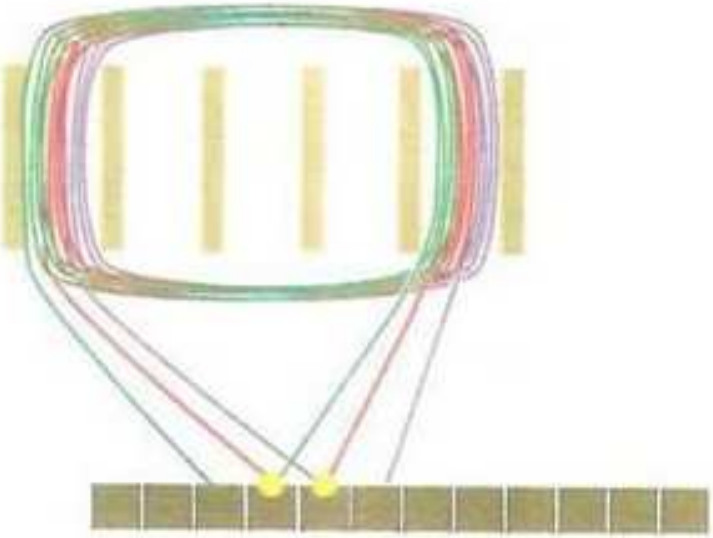
Ya que se termina el bobinado, los finales de las delgas se conectan a la delga donde está el inicio de la bobina siguiente.



En el embobinado a base de dos bobinas por ranura, los principios de cada par de bobinas ejecutadas al mismo tiempo se conectan a dos delgas contiguas del colector. Los finales se dejan provisionalmente libres.



Al terminar el trabajo a base de dos bobinas por ranura, las conexiones de los finales quedan de esta manera.



Cuando se trata de un embobinado a base de tres bobinas por ranura, los principios y finales de las bobinas quedan como aquí se muestra.

En los embobinados ondulados el principio y el fin de cada bobina van conectados a delgas muy separadas.

Además de tomar los datos de la forma en que están conectadas las bobinas, hay que medir y anotar cuánto sobresalen las cabezas por uno y otro lado de las ranuras.

Hay motores que demás del cordel traen un zunchado de alambre en un extremo del núcleo.

Enseguida, se quita el zunchado, que es un cordel enrollado alrededor de las bajadas de las bobinas de un rotor para evitar que se desprendan cuando giran.

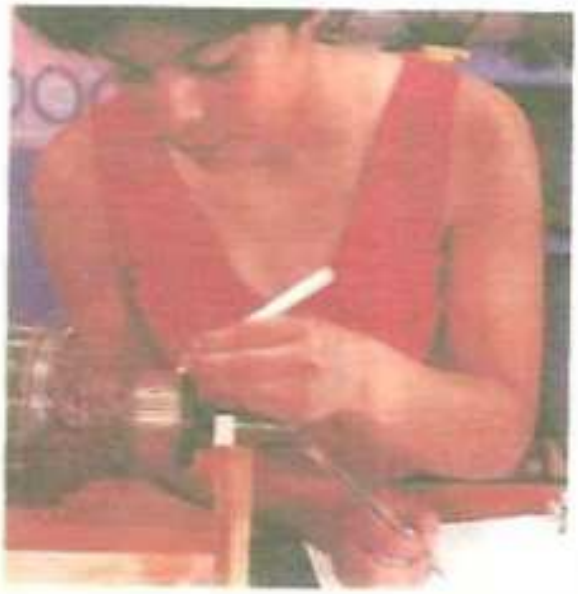
Posteriormente, se quitan las cuñas con la ayuda de una segueta, cuyos dientes se entierran en la cuña, para luego, desde un lado, golpearla para que se deslicen.

Otra manera de hacer que las cuñas se deslicen hacia un lado es golpearlas, desde el otro, con una pieza delgada de metal, ligeramente más angosta que la abertura de las ranuras.

Luego, se separan los alambres finales que salen de la última bobina que se colocó en el bobinado viejo.

Con un marcador de golpe se marcan las delgas a las cuales llegan los alambres finales de esa primera bobina. De esa manera se conoce el paso de los alambres finales de la bobina. Posteriormente, cuando se termine de sacar el alambre de esa bobina, se conocerá el paso de los alambres iniciales.

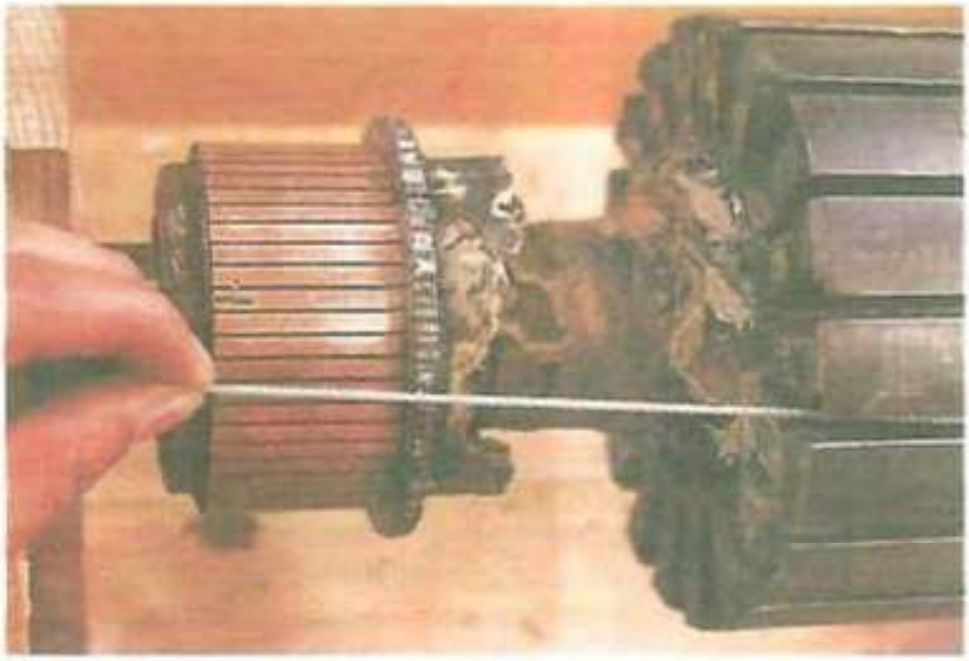
Ahora, con un alicate se cortan todas las puntas finales de bobinas que entran en el colector.



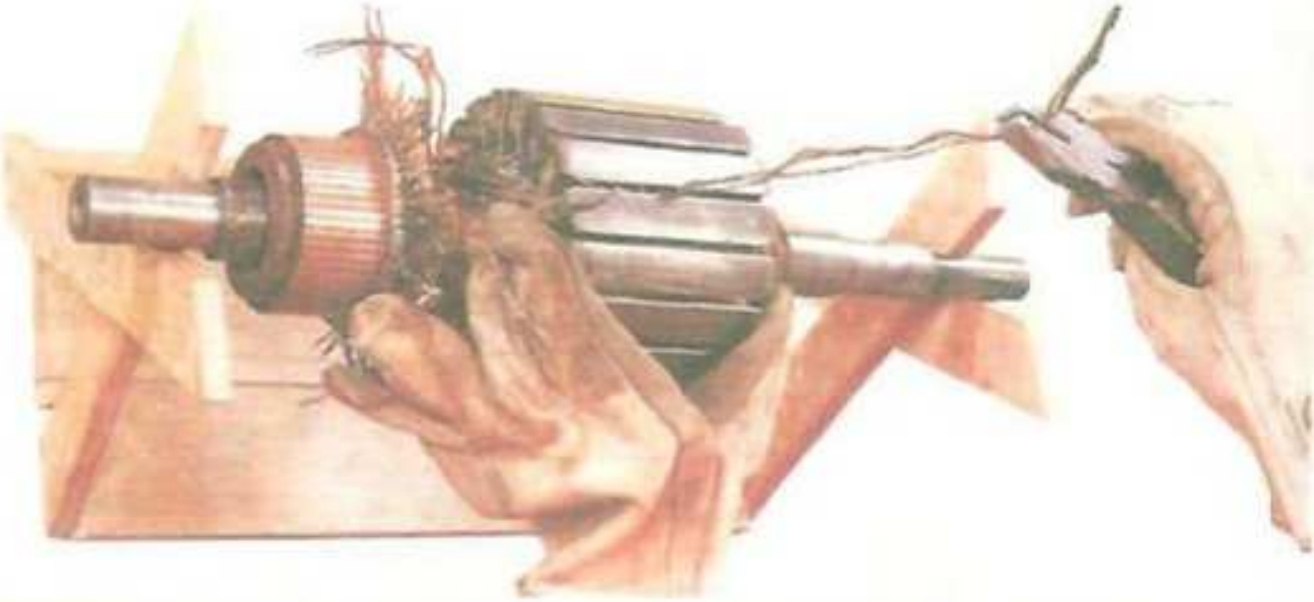
Una vez cortadas y levantadas las terminales finales del bobinado, se pueden marcar las delgas a las cuales llegan las terminales iniciales.

Deshaga vuelta a vuelta la última bobina vieja que se colocó y cuente el número de espiras.

Enseguida, mida el diámetro del alambre y anote la clase de aislamiento que tiene, así como el espesor y clase de aislamiento que llevan las ranuras.



Mida la distancia entre el borde de las ranuras y el colector, así como entre el borde del colector y el extremo del eje, y marque la alineación de las delgas respecto a las ranuras.



Finalmente, retire todas las bobinas cortándolas y quite el aislamiento viejo de las ranuras.

Limpie el colector con un trapo humedecido en solvente para quitar los restos de polvo, grasa y carbón que tenga.

Con un cautín, caliente la muesca de la cabeza de cada delga, para quitar con un alicate los restos de soldadura y alambre que tienen en su interior.

Si después de esto todavía quedan puntas de alambre y restos de soldadura, use una hoja de segueta, con el espesor adecuado en sus dientes, para aserrar la muesca y darle la profundidad necesaria.

Con un rebajador de micas limpie las anuras entre delgas.

Enseguida, con una lámpara de pruebas verifique el aislamiento entre las delgas.

Si al probar cualquier par de delgas con la lámpara salta un ligero chisporroteo, es que todavía hay suciedad entre las mismas.

Retire las puntas de prueba y con un poco de solvente y el limpiador de micas, elimine la suciedad que haya entre delgas. Verifique de nuevo.

Ahora, con un trozo de lija muy fina, ligeramente más angosta que el colector, lije con un vaivén suave toda la superficie del colector, hasta que quede brillante.

Arroje un chorro de aire sobre el colector para quitar el polvo de cobre y lija que haya quedado. De ese modo el colector queda listo para el rebobinado.

AISLAMIENTO DEL NÚCLEO

Antes de hacer el bobinado es necesario aislar las ranuras con materiales iguales y del mismo espesor que los originales que se quitaron. El aislante se corta de modo que sobresalga 3 a 4 mm a cada lado de las ranuras y unos 6 mm hacia arriba.

También se necesita aislar el eje dando a su alrededor dos o tres vueltas de tira de papel aislante fino o tela de fibra de vidrio.

La tela se fija con un cordel o con cinta de lino.

El otro extremo del eje se aísla de la misma manera.

Igualmente, se deben aislar las dos caras frontales del núcleo con un disco de fibra o papel aislante, cuyo diámetro coincida con el fondo de las ranuras.

Si el inducido es pequeño se puede sostener con la mano mientras se embobina.

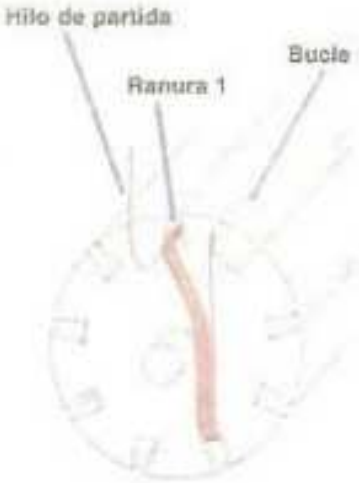
Si es mayor, se coloca sobre un par de caballetes o soportes especiales.

Aunque, para mayor firmeza, es mejor montarlo en un torno.

El embobinado consiste en colocar el alambre con la mano, vuelta a vuelta, en las ranuras del rotor, tomando en cuenta todos los datos obtenidos al deshacer las bobinas.

Anude la punta del alambre en el extremo del eje.

Pase el alambre a lo largo de la ranura que marcó al empezar a anotar los datos.



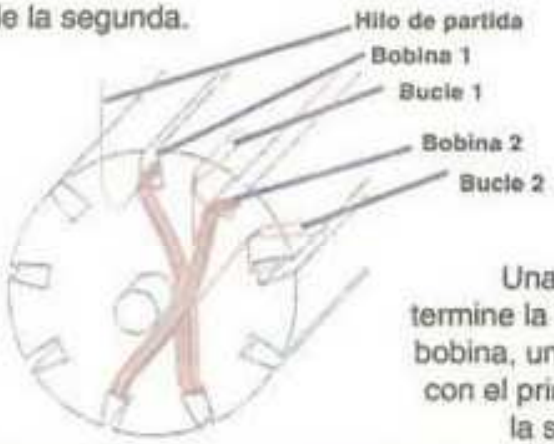
Regrese el alambre por la otra ranura que completa el paso.

Siga enrollando el alambre en esas ranuras, tirando fuerte, para tener espiras bien apretadas, hasta completar las vueltas deseadas.

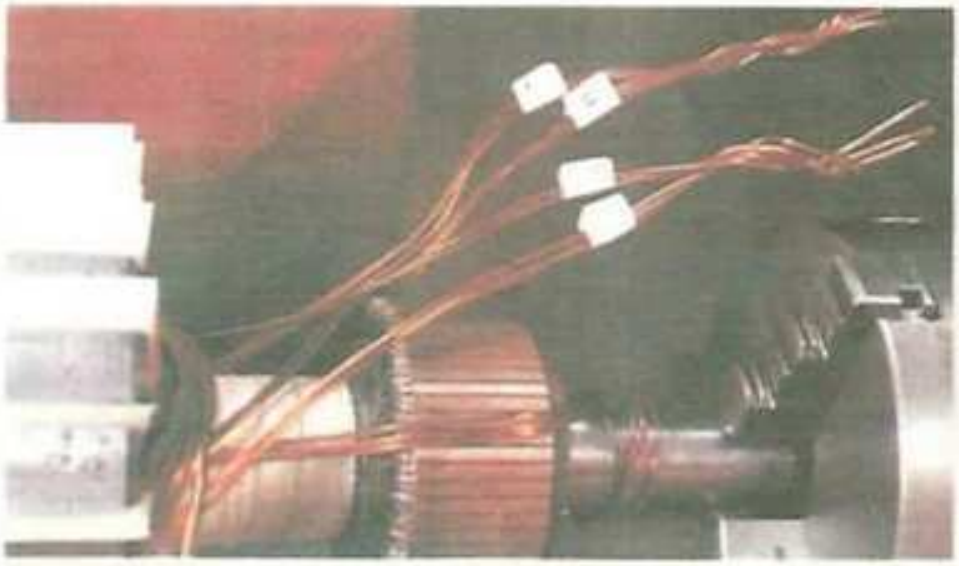
Después de las primeras vueltas verifique que el aislante de la ranura esté en la posición correcta.

Empalme luego el final de la primera bobina con el principio de la segunda.

Forme ahora la segunda bobina, empezando en la ranura de junto, con el mismo paso y número de vueltas que la anterior.

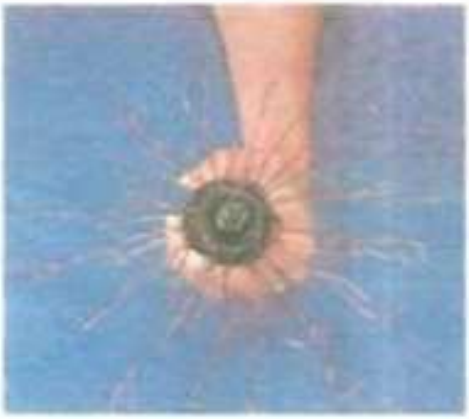


Una vez que termine la segunda bobina, una el final con el principio de la siguiente.



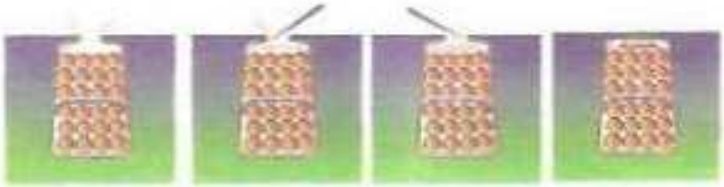
Continúe hasta la última bobina, cuyo final se empalma con el inicio de la primera.

En los motores universales se emplean dos bobinas por ranura, de modo que una vez hecha la primera bobina, encima se devana la segunda.



Este proceso se repite, devanando dos bobinas consecutivas en las mismas ranuras. Para poder distinguir los bucles formados entre cada par, se acostumbra hacer el primer bucle más corto que el segundo, en cada par de bobinas.

Para que las bobinas no se salgan de su lugar por efecto de la fuerza centrífuga, es necesario cerrar las ranuras con una cuña. Para ello se comienza por cortar el aislamiento que sale de cada ranura, a fin de que sólo sobresalga 5 mm.



Enseguida, con una punta de fibra o de madera, se mete hacia adentro de la ranura cada lado del aislante que sobresale en cada ranura, presionándolo contra el bobinado.

HECHURA DE LAS BOBINAS

Después, se mete la cuña.

CONEXIÓN A LAS DELGAS

Coloque un relleno de aislante entre la cabeza del bobinado y el colector.

Ubique la primera bobina que colocó en las ranuras marcadas. Lleve la terminal inicial de esa bobina a la primera delga marcada. Pele el tramo pequeño de la punta del alambre que penetrará en la muesca de la delga.

Coloque ese extremo pelado del alambre dentro de la muesca y golpee suavemente con un buril plano.

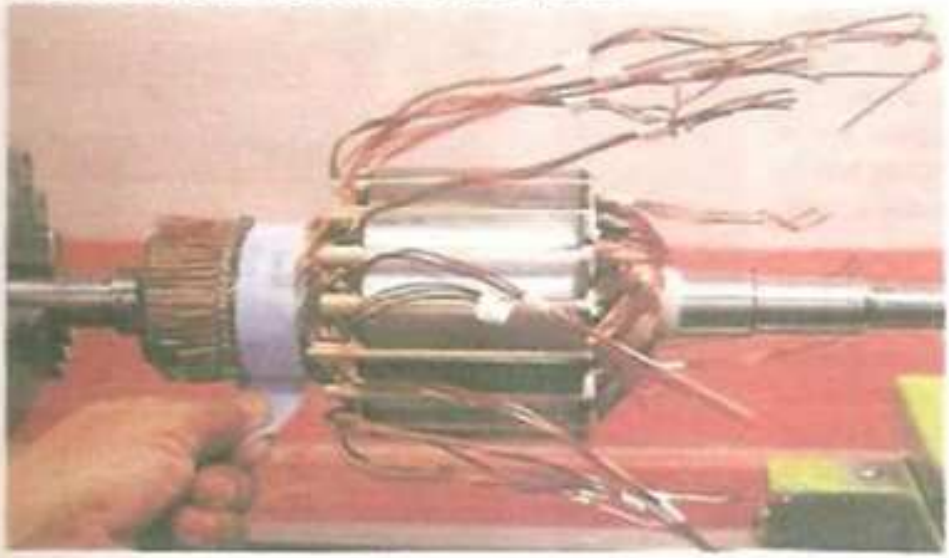
De esa manera lleve todas las puntas de la terminal inicial de la primera bobina e inicial de la segunda a muescas sucesivas a partir de la delga marcada. Como en el ejemplo de la ilustración se trata de un embobinado de tres bobinas por ranura, los alambres iniciales son tres, de modo que al colocar el inicio de las dos primeras bobinas hay seis alambres en las muescas de las delgas.

De igual manera continúe con todos los demás bucles.

En algunos casos se acostumbra colocar una cinta aislante trenzada con los alambres que van a las delgas.

Cada vez que se coloca un alambre dentro de una muesca, se mete bien en ella golpeando con un buril plano.

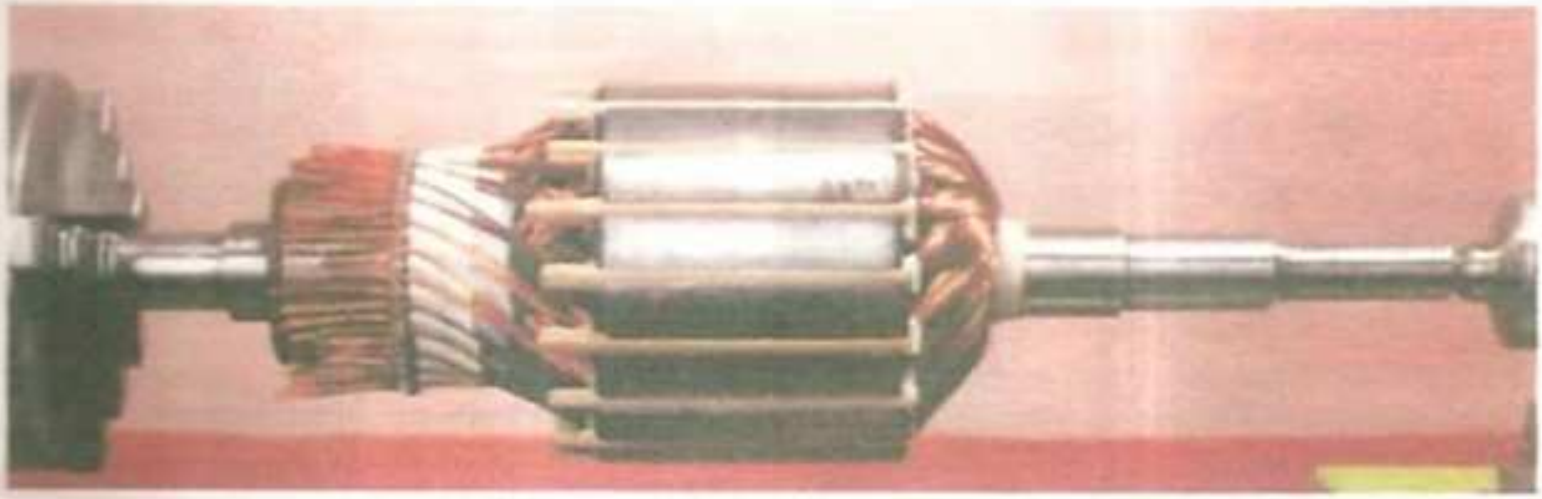
De ese modo se terminan de colocar todos los inicios de bobina.



Al terminar de colocar los inicios de las bobinas en las muescas de las delgas, se pone un aislamiento más.

Enseguida, se procede a conectar los finales de las bobinas en las delgas. Si es necesario, para identificar las terminales se utiliza la lámpara de prueba.

Por último se colocan los finales de las bobinas dentro de las muescas correspondientes de las delgas, siguiendo el mismo patrón que tenía el bobinado original, empalmando un final con el inicio de la delga siguiente, para formar la serie.



De esa manera se termina el bobinado.

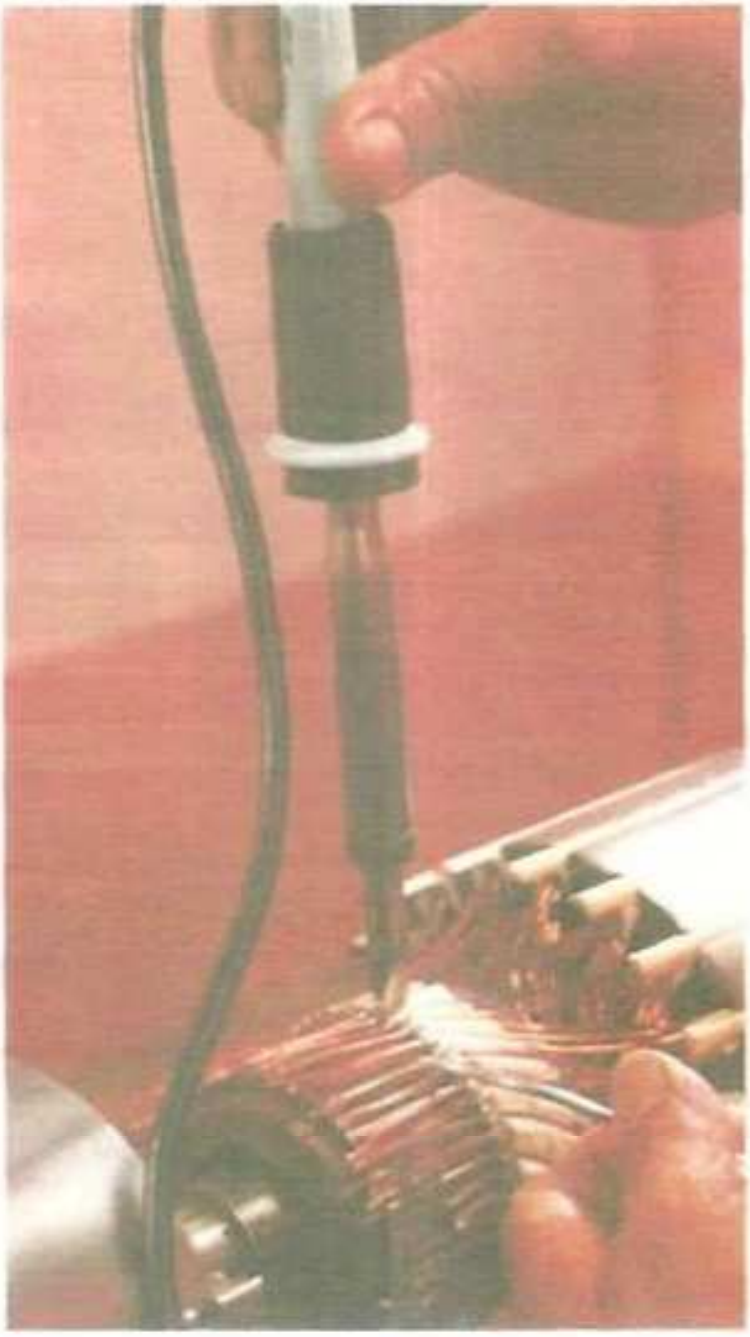
SOLDADO

Con unos alicates se cortan las puntas sobrantes de las muescas de las delgas.

Enseguida, se sueldan las terminales. Se aplica fundente sobre la terminal de cada delga, para luego colocar sobre ella la punta caliente del cautín.

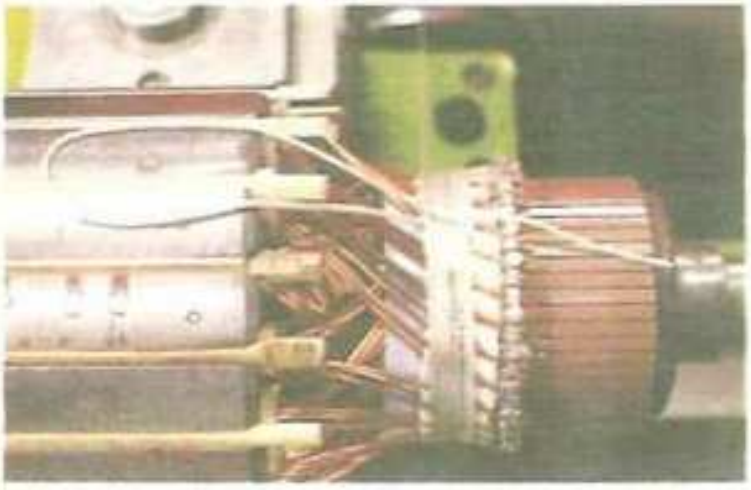
Se espera a que el fundente empiece a burbujear y entonces se aplica el alambre de soldadura de estaño, hasta que bañe la terminal y se rellene la muesca.

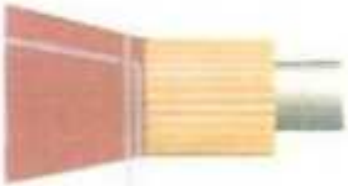
Manteniendo el cautín vertical se evita que el estaño liquido pueda escurrirse a las delgas vecinas.



ZUNCHADO

El zunchado consiste en enredar con un cordel las conexiones que van hacia el colector, para que no se salgan mientras el rotor gira. Se empieza por el extremo más cercano al colector, dejando libre un tramo de cuerda de unos 15 cm.

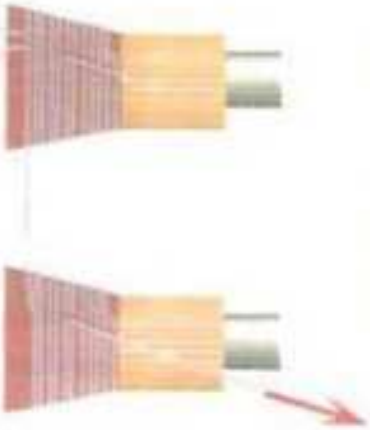




Entonces se dan varias vueltas, una al lado de la otra, manteniendo el cordel tenso hasta sentir que está firme.

Como a la mitad del zunchado forme un bucle con el tramo libre.

Siga enrollando sobre el bucle, hasta cubrir dos tercios de la distancia entre el colector y el núcleo.



ZUNCHADO

Corte el cordel y pase la punta por el bucle. Luego, jale la punta del tramo libre, para que la otra punta quede abajo del zunchado.

Finalmente, las puntas de alambre salientes de las muescas del colector se rectifican en el torno.

VERIFICACIÓN ELÉCTRICA

Una vez terminado el zunchado, lo que procede es la verificación eléctrica para detectar contactos a tierra, interrupciones y cortocircuitos. La manera de llevar a cabo estas pruebas se describe en las páginas 119 a 122.

En los inducidos recién embobinados puede ocurrir que haya conexiones invertidas o equivocadas. Se coloca el inducido sobre la bobina de prueba o grauler, y al tocar con el voltímetro de corriente alterna un par de delgas contiguas la aguja se desviará en el sentido normal.

Cuando haya alguna conexión invertida, la aguja del voltímetro se desviará en sentido contrario de lo normal. Las lecturas de las delgas inmediatamente anterior y posterior tendrán doble valor que en un par de delgas normales.

Para probar si el inducido está equilibrado se coloca sobre dos apoyos con baleros y se hace girar suavemente.

Cuando se detiene, se marca la ranura que quedó en la parte superior. Se repite esta prueba varias veces y se marca, cada vez, la ranura que quedó arriba. Si en cada ocasión las ranuras marcadas quedan en posición distinta, es muy probable que el rotor esté balanceado. Pero si siempre se detiene en la misma posición o en posiciones inmediatas, será necesario compensar el desequilibrio.

La compensación se hace colocando pequeños trozos de plomo debajo de las cuñas o ranuras marcadas.

IMPREGNACIÓN

Para que el bobinado del rotor no se deteriore por la humedad ni por la vibración, se impregna con barniz.